



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A  
ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC  
ENGINEERING

## JIŠTENÍ VEDENÍ PROTI PŘETÍŽENÍ A ZKRATU

*LINE PROTECTION AGAINST OVERLOAD AND SHORT CIRCUIT*

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

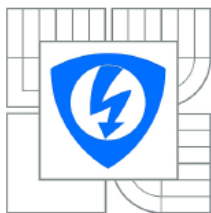
LADISLAV KONŠEL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ VALENTA, Ph.D.

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

## Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

**Student:** Ladislav Konšel  
**Ročník:** 3

**ID:** 85437  
**Akademický rok:** 2009/2010

**NÁZEV TÉMATU:**

**Jištění vedení proti přetížení a zkratu**

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

1. Popište princip jištění vedení proti přetížení a zkratu.
2. Změřte průběh oteplování kabelu pro zadané uložení a výsledek porovnejte s teoretickou přetěžovací charakteristikou kabelu sestavenou na základě údajů výrobce kabelu.
3. Zpracujte praktický projekt elektrického rozvodu a zkontrolujte jištění vedení proti přetížení a zkratu.

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

Dle doporučení vedoucího.

**Termín zadání:** 1.10.2009

**Termín odevzdání:** 27.5.2010

**Vedoucí práce:** Ing. Jiří Valenta, Ph.D.

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.  
*Předseda oborové rady*

**UPOZORNĚNÍ:**

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **Abstrakt**

Tato práce zahrnuje teoretické pojednání o působení elektrického proudu na elektrické vedení v oblasti přetížení a zkratu. Jedná se hlavně o tepelné účinky těchto nadproudů a jejich vliv na vlastnosti vodiče a jeho izolace. Práce obsahuje vztahy pro určení zatěžovacího proudu v závislosti na vlastnostech vedení a jeho okolí. Také se zabývá ochranou vodičů proti přetížení a zkratu. Práce zahrnuje i měření průběhu oteplování vodiče. Praktický projekt návrhu elektrického vedení je vytvořen v programu Sichr. Projekt obsahuje návrhy průřezů vedení a ochranných prvků jak pro bytový dům, tak pro jednotlivé byty.

## **Abstract**

This work includes a theoretical treatise on the operation of electrical wiring for the overload and short circuit. This is mainly on thermal effects of over current and their influence on the properties of conductors and insulation. Work Includes links to determine the load current, depending on the properties of leadership and its surroundings. It also deals with the protection of conductors against overload and short circuit. The work includes measurements process of warming wires. Practical project of proposal circuit is created using SICHR. The project includes proposals of conductor's sizes and safety components for both residential building and individual flats.

## **Klíčová slova**

Charakteristika; časová; jištění; jistič; konstanta; ochrana; oteplení; proud; přetížení; selektivita; vedení; vodič; zkrat

## **Key words:**

Specifications; time; protection; breaker; constant; protection; warming; current; overload; selectivity; line; conductor; short circuit

**Bibliografická citace:**

Konšel, L. Jištění vedení proti přetížení a zkratu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 46 stran.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Jištění vedení proti přetížení a zkratu jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 27.5.2010

Podpis autora .....

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Valentovi Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne 27.5.2010

Podpis autora .....

# Obsah

<b>Obsah .....</b>	<b>1</b>
<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>2</b>
<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>3</b>
<b>Seznam rovnic.....</b>	<b>4</b>
<b>Přehled zkratk, symbolů a značek .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Úvod .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Princip jištění vedení proti přetížení a zkratu.....</b>	<b>8</b>
2.1 Fyzikální podstata oteplování vodičů .....	8
2.1.1 Určení velikosti oteplení .....	10
2.1.2 Oteplování vodičů při přetížení a zkratu .....	10
2.2 Určení zatěžovacího proudu .....	12
2.2.1 Okolní teplota .....	13
2.2.2 Tepelný odpor půdy .....	14
2.2.3 Seskupení s více obvody .....	14
2.2.4 Způsob uložení .....	14
2.2.5 Seskupení s různými průřezy .....	16
2.2.6 Počet zatížených vodičů .....	16
2.2.7 Paralelní propojení vodičů .....	16
2.2.8 Změna podmínek na trase .....	16
2.2.9 Časová oteplovací konstanta .....	16
2.3 Jištění vedení proti nadproudům .....	17
2.3.1 Charakteristiky jisticích prvků .....	18
2.3.2 Spínací proud.....	18
2.3.3 Zkratová odolnost.....	18
2.3.4 Ochrana proti proudovým přetížením .....	18
2.3.5 Ochrana proti zkratovým proudům .....	20
2.3.6 Selektivita jisticích prvků .....	22
2.3.8 Jištění jednotlivých vodičů vedení .....	30
<b>3 Měření průběhu oteplování vodiče .....</b>	<b>31</b>
3.1 Naměřené hodnoty .....	31
3.2 Hodnoty vynesené do grafu.....	32
3.3 Určení časové oteplovací konstanty $\tau$ .....	33
3.4 Vyhodnocení měření .....	33
<b>4 Praktický projekt elektrického rozvodu .....</b>	<b>34</b>
4.1 Celkové schéma el. rozvodu.....	34
4.2 Popis navrženého elektrického rozvodu.....	35
4.3 Charakteristiky ochranných prvků a vedení .....	37
4.4 Přehled použitých prvků a jejich parametrů .....	38
<b>5 Závěr .....</b>	<b>45</b>
<b>Použitá literatura.....</b>	<b>46</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Oteplovací charakteristika .....	9
Obrázek 2– Oteplovací charakteristika u zařízení s přerušovaným provozem .....	9
Obrázek 3– Časový průběh zkratového proudu .....	12
Obrázek 4 – Přiřazení jisticích prvků při dodržení selektivity .....	22
Obrázek 5 – Ampérsekundová char.jističe, pojistky a dovoleného zatížení vedení .....	23
Obrázek 6 – Konstrukce jističe a Pásma ampérsekundových charakteristik jističů .....	24
Obrázek 8 – Popis jističe typu LSN .....	24
Obrázek 9 – Charakteristiky jističů B,C,D a charakt. jističů A-D .....	26
Obrázek 10– Konstrukce pojistkové vložky .....	28
Obrázek 11 – Charakt. pojistkových vložek typu gG .....	28
Obrázek 12 – Proudový chránič .....	29
Obrázek 13 - Graf oteplovací charakteristiky .....	32
Obrázek 14 – Celkové schéma el. rozvodu vytvořené v Sichru.....	34
Obrázek 15 – Vypínací charakteristika (Sichr) .....	37



## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Nejvyšší dovolené provozní teploty u různých druhů izolací.....	13
Tabulka 2 - Přepočítací součinitel pro kabely v elektroinst. kanálech uložených v zemi.....	14
Tabulka 3 – Barvy ovládacích páček jističů.....	25
Tabulka 4 – Barevné označení šroubovacích pojistek podle jmenovitého proudu .....	28
Tabulka 5 – Naměřené hodnoty oteplování vodiče.....	31

## Seznam rovnic

Rovnice 2.1 .....	8
Rovnice 2.2 .....	8
Rovnice 2.3 .....	8
Rovnice 2.4 .....	10
Rovnice 2.5 .....	10
Rovnice 2.6 .....	11
Rovnice 2.7 .....	11
Rovnice 2.8 .....	11
Rovnice 2.9 .....	11
Rovnice 2.10 .....	11
Rovnice 2.11 .....	11
Rovnice 2.12 .....	12
Rovnice 2.13 .....	12
Rovnice 2.14 .....	16
Rovnice 2.15 .....	21
Rovnice 2.15 .....	21
Rovnice 3.1 .....	31
Rovnice 3.2 .....	33

## Přehled zkratk, symbolů a značek

A	povrch vodiče	(m <sup>2</sup> )
B	soudobost	(-)
c	objemová tepelná kapacita	(J/m <sup>3</sup> · K)
cosφ	účinník	(-)
c <sub>v</sub>	měrné teplo	(Ws/Km <sup>3</sup> )
dU	úbytek napětí	(V)
F	redukční součinitel seskupení	(-)
I	proud	(A)
I <sub>a</sub>	proud vyvolávající automatickou funkci přístroje způsobujícího odpojení ve stanovené době	(A)
I <sub>b</sub>	proud, pro který je vedení navrženo	(A)
I <sub>cm</sub>	jmenovitá zkratová zapínací schopnost přístroje	(A)
I <sub>cc</sub>	jmenovitý podmíněný zkratový proud pojistkových odpínačů s pojistkovými vložkami	(A)
I <sub>cu</sub>	jmenovitá mezní vypínací schopnost přístroje	(A)
I <sub>k</sub>	zkratový proud	(A)
I <sub>m</sub>	nadproud	(A)
I <sub>n</sub>	jmenovitý proud jistícího prvku	(A)
i <sub>o</sub>	omezený proud jistícím přístrojem (špičková hodnota)	(A)
i <sub>p</sub>	nárazový zkratový proud (špičková hodnota)	(A)
I <sub>z</sub>	dovolené proudové zatížení	(A)
I <sub>l</sub>	jmenovitá vypínací schopnost pojistek	
	primární proud transformátoru	
I <sub>2</sub>	proud zajišťující účinné zapůsobení ve smluvené době ochr. zařízení	(A) (A)
K	součinitel uvažující typ, uložení, seskupení vodiče i teplotu okolí.	(-)
k	konstanta, která závisí na materiálu vodiče a izolace	(-)
L	délka vedení	(m)
n	počet vícežilových kabelů nebo obvodů v seskupení.	(-)
P <sub>b</sub>	příkon	(W)
P <sub>k</sub>	ztráty transformátoru nakrátko	(W)
Q <sub>A</sub>	teplo akumulované ve vodiči	(J)
Q <sub>G</sub>	teplo vyvinuté průchodem proudu	(J)
Q <sub>O</sub>	teplo odevzdané do okolí (ochlazování)	(J)
R	odpor vodiče	(Ω)
S	průřez vodiče	(mm <sup>2</sup> )
S <sub>r</sub>	jmenovitý zdánlivý výkon transformátoru	(kVA)
t	čas od počátku průchodu proudu, nadproudu	(s)
t <sub>m</sub>	teplota kabelového vedení	°C
U	napětí	(V)
u <sub>k</sub>	napětí nakrátko transformátoru	(V)
U <sub>2</sub>	sekundární napětí transformátoru	(V)

V	objem	(m <sup>3</sup> )
X	reaktance	(Ω)
x	mocnitel stanovený na základě měření	(-)
Z	impedance	(Ω)
Z <sub>s</sub>	maximální hodnota impedanční smyčky	(Ω)
α <sub>0</sub>	součinitel přestupu tepla	(W/m <sup>2</sup> ·K),
Δv	oteplení povrchu/jádra vodiče	(K)
Δv <sub>max</sub>	Největší ustálené oteplení jádra/povrchu vodiče	(K)
Δv <sub>z</sub>	oteplení povrchu/jádra vodiče při proudu I <sub>z</sub>	(K)
Δv <sub>τ</sub>	velikost oteplení za dobu τ	(K)
Δv <sub>∞</sub>	ustálené oteplení povrchu/jádra vodiče při nadproudu	(K)
ρ	rezistivita jádra vodiče	(Ω.m)
τ	časová oteplovací konstanta vodiče	(s)
Cb	kadmium	
Cu	měděné jádro vodiče	
ČSN	česká národní norma	
ef.	efektivní	
el.	elektrická	
f	fázový	
hoř.	hořlavé	
charakt.	charakteristika	
jm.	jmenovitý	
max.	maximální	
např.	například	
nn	nízké napětí	
Pb	olovo	
PVC	polyvinylchlorid	
obr.	obrázek	
tab.	tabulka	
tj.	to je	
tr.	transformátor	

# 1 Úvod

Tato práce se týká oteplování vodičů při nadproudech a ochrany jištěním proti nim.

První část je zaměřena na určení velikosti tepla působením proudu a na vliv tepelných účinků procházejícího proudu při přetížení a zkratu. Dále je v ní popsána závislost zatěžovacího proudu vodiče na způsobu uložení, průřezu a vlastnostech okolního prostředí. Také jsou zde uvedeny druhy ochrany proti přetížení a zkratu, jejich možné umístění a také možnosti využití těchto ochrany.

Druhá část nabízí praktické zobrazení působení procházejícího proudu vodičem v měření, zabývající se oteplováním vodiče. A také možnost určení časové oteplovací konstanty.

Poslední část zahrnuje praktické zpracování elektrického rozvodu v bytovém domě. A to dimenzování vedení vzhledem k dovolenému oteplení a to i s ohledem na možné přetížení nebo zkrat. Dále návrhy jisticích prvků pro ochranu při přetížení a zkratu.

## 2 Princip jištění vedení proti přetížení a zkratu

### 2.1 Fyzikální podstata oteplování vodičů

Průchodem elektrického proudu vodičem vzniká teplo. Při delším působení nadproudů (hodnoty proudu vyšší než jmenovitý proud) a při zkratech vzroste teplota vodiče nad povolenou mez a dochází ke zničení izolace vodiče a poté k jeho samotnému zničení. Tato teplota nesmí přesáhnout určitou mezní hodnotu. Hlavní roli v určení této hodnoty je teplotní odolnost použitých izolací na vodiči. Nejvyšší dovolená teplota při nadproudech je 120°C a to u nejpoužívanější izolace z PVC. Vysoké teploty při nadproudech mají také vliv na samotné vodiče, kde způsobují nezvratné změny vlastností materiálu a to mechanické a elektrické pevnosti. Velikost teploty vodiče ovlivňuje délku jeho životnosti. To znamená, že vyšší teploty zkracují životnost vodiče. Např. při krajních teplotách je doba jeho života asi 10 let při nepřerušovaném zatížení.

Vzniklé teplo v důsledku Joulových ztrát se dělí na dvě části. Jedna část se z vodiče odvede do okolí ochlazením jeho povrchu a zbytek tepla ve vodiči zůstává, kde se akumuluje a zvyšuje tak jeho teplotu.

Rozdělení vzniklého tepla ve vodiči [1]

$$Q_G = Q_A + Q_O \quad (2.1)$$

$Q_G$  - teplo vyvinuté průchodem proudu

$Q_A$  - teplo akumulované ve vodiči

$Q_O$  - teplo odevzdané do okolí (ochlazení)

Rozepsání předchozí rovnice 2.1 [1]

$$R \cdot I^2 dt = \alpha_0 \cdot A \cdot \Delta \vartheta dt + c \cdot V d\vartheta \quad (2.2)$$

$R$  - odpor vodiče ( $\Omega$ ),  $I$  - proud (A),  $\alpha_0$  - součinitel přestupu tepla ( $W/m^2 \cdot K$ ),  $\Delta \vartheta$  oteplení (K),

$A$  - povrch vodiče ( $m^2$ ),  $c$  - objemová tepelná kapacita ( $J/m^3 \cdot K$ ),  $V$  - objem ( $m^3$ )

Průběh těchto teplot, při oteplování nebo ochlazení vodiče, v určitém časovém úseku, lze znázornit pomocí oteplovací charakteristiky vodiče.

Vztah pro průběh oteplovací charakteristiky vodiče [1]:

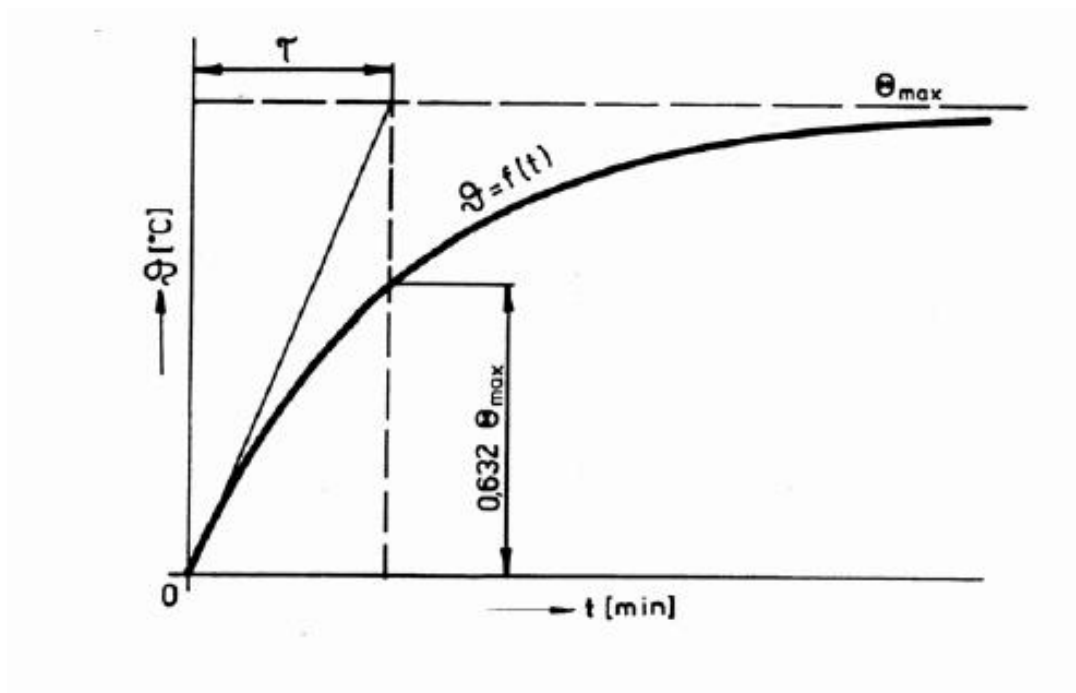
$$\Delta \vartheta = \Delta \vartheta_{max} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \quad (2.3)$$

$\Delta \vartheta$  - Oteplení jádra/povrchu vodiče (K) – v čase  $t$  od začátku průchodu proudu

$\Delta \vartheta_{max}$  - Největší ustálené oteplení jádra/povrchu vodiče (K)

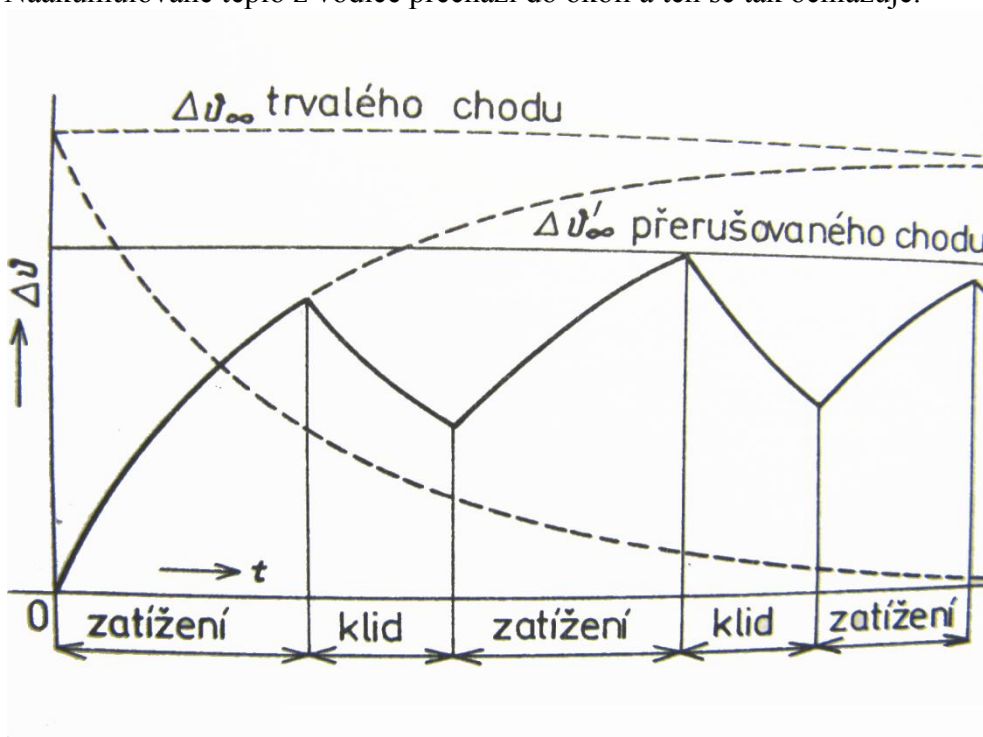
$t$  - Čas od počátku průchodu proudu, nadproudu (s)

$\tau$  - Časová oteplovací konstanta vodiče (s) viz odst. 2.2.9



Obrázek 1 - Oteplovací charakteristika [1]

Při přerušení obvodu vodičem přestane procházet proud a nevzniká žádné teplo. Naakumulované teplo z vodiče přechází do okolí a ten se tak ochlazuje.



Obrázek 2– Oteplovací charakteristika u zařízení s přerušovaným provozem [1]

### 2.1.1 Určení velikosti oteplení

Pro určení průběhu oteplování vodiče je důležitou veličinou největší ustálené oteplení povrchu/jádra vodiče [3]:

$$\Delta \vartheta_{\max} = \Delta \vartheta_z \cdot \left( \frac{I_m}{I_z} \right)^x \quad (2.4)$$

Celkové oteplení vodiče [3]:

$$\Delta \vartheta = \Delta \vartheta_z \cdot \left( \frac{I_m}{I_z} \right)^x \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (2.5)$$

$\Delta \vartheta_{\max}$  – ustálené oteplení povrchu/jádra vodiče (K) – při nadproudu

$\Delta \vartheta_z$  – oteplení povrchu/jádra vodiče při proudu  $I_z$  (K)

$x$  – mocnitel stanovený na základě měření, pro izolované vodiče  $x=2,492$ , pro holé  $x=2$

$I_m$  – nadproud (A)

$I_z$  – dovolené proudové zatížení (A) podle ČSN 33 2000-5-523 [3]

$t$  – Čas od počátku průchodu proudu, nadproudu (s)

$\tau$  – Časová oteplovací konstanta vodiče (s) viz odst. 2.2.9

### 2.1.2 Oteplování vodičů při přetížení a zkratu

V každém elektrickém zařízení se setkáváme jak s normálními provozními stavy, tak i se stavy poruchovými. V normálních provozech může docházet k přetížení a při poruchách dochází ke zkratům. Přetížení se vyskytuje častěji než zkrat, ale u zkratů dochází k větším účinkům procházejícího proudu.

#### Oteplování vodičů důsledkem přetížení

Působením nadproudů na vodič vzniká teplo, které zčásti přechází do okolí a zbytek slouží k oteplování vodiče rov. 2.1. Do doby než teplota vodiče zvýší na teplotu okolního prostředí je všechno teplo spotřebováno na oteplování vodiče. Po vyrovnání teplot, část tepla přechází do okolí a druhá část zůstává ve vodiči a zvyšuje tak jeho teplotu. Při dosažení nejvyšší možné teploty vodiče, všechno další vznikající teplo z vodiče přechází do okolí.

Průběh oteplování vodiče má tvar exponenciály. V době kdy jsou mezi teplotou vodiče a teplotou jeho okolí malé rozdíly dochází k oteplování vodiče rychle, ale se zvyšujícím se rozdílem teplot se vodič otepluje pomaleji rov. 2.5.



Vztahy pro určení průběhu oteplení a ochlazování vodiče [3]

$$\Delta \vartheta = \Delta \vartheta_{\infty} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad \text{pro oteplení} \quad (2.6)$$

$$\Delta \vartheta = \Delta \vartheta_{\infty} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{pro ochlazování} \quad (2.7)$$

Z těchto rovnic se dá určit násobek maximálního dovoleného oteplení za dobu  $\tau$  od začátku průchodu proudem [3]

$$\Delta \vartheta_{\tau} = \Delta \vartheta_{\infty} \cdot (1 - e^{-1}) \quad \text{oteplení} \quad (2.8)$$

$$\Delta \vartheta_{\tau} = \Delta \vartheta_{\infty} \cdot e^{-1} \quad \text{ochlazování} \quad (2.9)$$

$t$  - Čas od počátku průchodu proudem, nadproudu (s)

$\tau$  - Časová oteplovací konstanta vodiče (s) viz odst. 2.2.9

$\Delta \vartheta_{\infty}$  - ustálené oteplení povrchu/jádra vodiče (K) – při nadproudu

$\Delta \vartheta$  - oteplení povrchu/jádra vodiče (K)

$\Delta \vartheta_{\tau}$  - velikost oteplení za dobu  $\tau$  (K)

## Oteplování vodičů důsledkem zkratu

Při provozu vedení může dojít k průrazu izolace a tím ke zkratu. Důsledkem toho, než dojde k odpojení jističím zařízením, prochází vodičem mnohonásobně vyšší proud než je jmenovitý. Za tuto krátkou dobu dochází k silovým a tepelným účinkům.

Průchodem velkého proudu při zkratu vznikají ve vodiči vysoké teploty a dochází ke zničení izolace nebo i k požárům. Při zkratu se veškeré vytvořené teplo využije na oteplování vodiče a to vede k prudkému růstu teploty vodiče. Jelikož ke zkratu dochází ve velmi krátkém časovém úseku, nestačí teplo přejít do okolí. Odvod tepla je tak malý, že jej můžeme zanedbat. Oteplovací charakteristika má proto tvar přímky, kde max. oteplení dochází už za dobu  $\tau$ .

Proto platí:

$$Q_G = Q_A \quad (2.10)$$

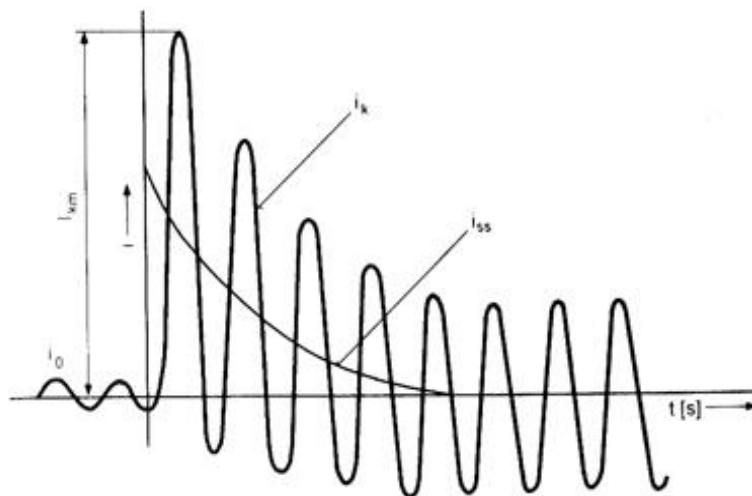
$Q_G$  - teplo vyvinuté průchodem proudem

$Q_A$  - teplo akumulované ve vodiči

Také rov. 2.2 - bude ve tvaru [1]

$$R \cdot I^2 = c_v \cdot V \cdot \Delta \vartheta \quad (2.11)$$

$R$ - odpor vodiče ( $\Omega$ ),  $I$ - proud (A),  $t$ - čas (s),  $c_v$  měrné teplo ( $\text{Ws/Km}^3$ ),  $V$  objem ( $\text{m}^3$ ) a  $\Delta \vartheta$  oteplení (K)



**Obrázek 3 [10] – Časový průběh zkratového proudu**

Při zkratu by mělo platit [4]:

$$I^2 \cdot t \leq k^2 \cdot S^2 \quad (2.12)$$

$I$  – procházející proud (A)

$t$  – doba průchodu proudu (s)

$S$  – průřez vodiče (m<sup>2</sup>)

$k$  – konstanta, která závisí na materiálu vodiče a izolace a odpovídající počáteční a koncové teplotě, pro běžné materiály jsou hodnoty uvedeny v ČSN 33 2000-4-43 tab.43A

Pro určení doby zkratu pro  $t \leq 5s$ , při kterém nedojde k oteplení z teploty při normálním provozu přesahující mezní teplotu, platí [4]:

$$\sqrt{t} = k \frac{S}{I} \quad (2.13)$$

$t$  – doba trvání zkratu (s)

$k$  – viz rov. 2.12

$S$  – průřez vodiče (m<sup>2</sup>)

$I$  – ef. hodnota zkratového proudu (A)

## 2.2 Určení zatěžovacího proudu

Za normálního provozu nesmí proud procházející vodičem vytvořit teplotu, která by překročila hodnotu nejvyšší dovolené provozní teploty vodiče a jeho izolace. Jelikož materiály vodičů snesou vyšší teploty než materiály, ze kterých jsou vyrobeny izolace, zatěžovací proud závisí na druhu izolace. Např. u nejpoužívanějšího typu izolace polyvinylchloridu (PVC) jde o 70°C.

**Tabulka 1 [3] - Nejvyšší dovolené provozní teploty u různých druhů izolací**

<i>Typ izolace</i>	<i>Nejvyšší dovolená provozní teplota [°C]</i>
polyvinylchloridu (PVC)	70
Zesíťovaný polyetylén(XLPE), etylén propylén (EPR)	90
Minerální(s PVC pláštěm,bez pláště přípustný dotyku)	70
Minerální(bez pláště nepřípustný dotyku a hoř. látkám)	105

Z důvodu poddimenzování ale i předimenzování je třeba stanovit zatěžovací proud pro daný průřez vodiče. K zjednodušení výpočtu dosaženého oteplení vodičů jsou k dispozici tabulky s referenčními způsoby uložení a k nim přiřazené hodnoty dovolených proudů ČSN 33 2000-5-523 tab.52-C1 až 52-C12 a k dispozici jsou také různé přepočítací součinitele ČSN 33 2000-5-523 tab.52-D,E. Velikost zatěžovacího proudu tedy závisí na různých faktorech:

- Okolní teplota
- Tepelný odpor půdy
- Počet obvodů v seskupení
  - Způsob uložení
  - Různé průřezy v seskupení
  - Seskupení s různými průřezy
- Počet zatížených vodičů
- Paralelní propojení vodičů
- Změna podmínek na trase vedení

Pro určení zatěžovacího proudu je velmi důležitý způsob uložení vodiče nebo kabelu. Záleží na teplotním odporu materiálu, v kterém jsou uloženy. A to buď v trubkách o různých profilech různých materiálů nebo volně a to na vzduchu ve vodě nebo v nějakém pevném materiálu (beton, omítka, půda...).

U uložení na vzduchu záleží na teplotě okolí vodiče, velikosti proudění vzduchu kolem vodiče, které závisí na počtu, velikosti, uspořádání a materiálu překážek bránících proudění vzduchu kolem vodiče.

### **2.2.1 Okolní teplota**

Okolní teplota prostředí má velký vliv na teplotu vodiče. Je to teplota v okolí nezatíženého vodiče. Jako referenční hodnoty těchto teplot jsou udávány:

- 30°C u izolovaných vodičů a kabelů na vzduchu
- 20°C u kabelů uložených v zemi a to v trubkách nebo volně

Pokud je teplota okolí vyšší, než teplota referenční je ztížen odvod tepla z vodiče a musí se použít příslušný korekční součinitel. Tento součinitel nemusíme použít u kabelů uložených v zemi, jelikož její teplota zůstává po většinu roku stejná. Součinitel také neuvažuje změnu teploty působením infračerveného záření na vodiče nebo kabely.

## 2.2.2 Tepelný odpor půdy

Na tepelném odporu půdy závisí jak moc a jak rychle se bude odvádět teplo vytvořené ve vodiči dále do prostoru. Hodnota tepelného odporu se může na trase měnit. Závisí např. na nadmořské výšce, intenzitě srážek, hloubce uložení aj. Nejčastěji se používá hodnota měrného tepelného odporu  $2,5 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$  tato hodnota je stanovena pro neznámé typy půd v neznámé zeměpisné poloze s ohledem na bezpečnost. Pokud je tato hodnota ve skutečnosti vyšší, např. u velmi suchých půd nebo půd složených z materiálů s velkým měrným tepelným odporem je třeba půdu v blízkosti kabelu nahradit nebo snížit dovolené proudy. Naopak u půd s menším měrným tepelným odporem lze proud zvýšit.

**Tabulka 2 - Přepočítací součinitel pro kabely v elektroinstalačních kanálech uložených v zemi**

měrný tepelný odpor [K·m/W]	1	1,5	2	2,5	3
Přepočítací součinitel	1,18	1,1	1,05	1	0,96

## 2.2.3 Seskupení s více obvody

Pokud jsou v seskupení vodiče, které mají různé hodnoty dovolených max. provozních teplot, je třeba počítat s vodičem s nejmenší touto hodnotou.

## 2.2.4 Způsob uložení

Charakteristikou uložení se rozumí počet vodičů, jejich seskupení, místo jejich uložení, materiál ve kterém jsou uloženy, typ průběhu trasy tj. vodorovný nebo svislý. Tyto vlastnosti mají především vliv na ochlazování vodiče, to je na odvádění vytvořeného tepla. Například pokud se ukládá více vodičů vedle sebe, dojde k vzájemnému tepelnému ovlivňování. Při svislém uložení dochází k horšímu odvodu tepla důsledkem stoupajícího teplého vzduchu podél vodiče. V důsledku toho je třeba vodiče zatěžovat menšími proudy jinak by došlo k přehřívání vodičů. Ke korekcím se použije opět přepočítacích činitelů.

### Způsob uložení kabelů a izolovaných vedení

#### *Referenční způsoby*

A1- Izolované vodiče v elektroinstalačních trubkách uložené v tepelně izolační stěně

A2- Vícežilové kabely v elektroinstalačních trubkách uložené v tepelně izolační stěně

- Stěna se skládá z vnější povrchové vrstvy, tepelně izolačního materiálu a povrchové vrstvy ze dřeva nebo z materiálu s podobnou tepelnou vodivostí  $10 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$

B1- Izolované vodiče v elektroinstalačních trubkách uložené na dřevěné stěně

B2- Vícežilové kabely v elektroinstalačních trubkách uložené na dřevěné stěně

- mezera mezi povrchem stěny a trubkou je menší jak 0,3 násobek průměru kabelu

C- Jednožilové, vícežilové kabely uložené přímo na dřevěnou stěnu

- mezera mezi povrchem stěny a kabelem je menší jak 0,3 násobek průměru kabelu

D- Vícežilové kabely v trubkách uložené v zemi

- jde o plastové, kovové, kameninové trubky uložené v zemi s tepelným měrným odporem  $2,5\text{K}\cdot\text{m}/\text{W}$  v 0,7m

E- Vícežilové kabely nebo plášťové vodiče uložené volně na vzduchu

- minimální vzdálenost od stěny je 0,3 násobek průměru kabelu

F- Jednožilové kabely se vzájemným dotykem uložené volně na vzduchu

- minimální vzdálenost od stěny je 0,3 násobek průměru kabelu

G - Jednožilové kabely bez vzájemného dotyku uložené volně na vzduchu

- minimální vzdálenost od stěny a mezi kabely je 1x násobek průměru kabelu

Pokud jde o materiály jiné než tepelně izolační (beton, omítka...) můžou být dovolené proudy vodiči vyšší

- Ukládání vodičů do trubek má tyto výhody:
- snadnější výměna poškozených vodičů
  - dodatečné přidání vodičů

### *Jiné způsoby uložení*

Kabel pod stropem

- podobný jako u způsobu uložení C proudové hodnoty jsou nižší, jelikož v tomto místě uložení dochází k menšímu proudění vzduchu a také okolní teplota je vyšší než v jiných prostorách

Kabel na podlaze nebo neperforovaných lávkách

Kabelová lávka

- perforovaná lávka je z 30% plochy jejího dna tvořena otvory, díky kterým dochází k lepšímu proudění vzduchu a tím i odvodu tepla

Kabelové žebříky

- konstrukce žebříku zabírá méně než 10% plochy kabelů, dochází k dobrému proudění vzduchu a odvodu tepla

Dilatační úchytky, kabelové háky

- kabel je úchyty po určitých vzdálenostech připevněn ke stěně

## 2.2.5 Seskupení s různými průřezy

Na základě toho, že plocha vodiče se nezvětšuje úměrně s jeho průřezem a povolený proud vodičem závisí na velikosti povrchu, z něhož se odvádí teplo do okolí, byl odvozen i vztah mezi zatížitelností vodiče v seskupení vůči jeho zatížitelnosti, pokud je veden samostatně. Jde o redukční součinitel seskupení [3]:

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (2.14)$$

$n$  – počet vícežilových kabelů nebo obvodů v seskupení.

$F$  – redukční součinitel seskupení

Znamená to, že pokud je v seskupení  $n$  kabelů, zatížení každého z nich je vhodné oproti jeho dovolenému proudovému zatížení při normálním uložení (mimo svazek) zmenšit ( $1/\sqrt{n}$ ) krát. Tak nedojde k nadměrnému ohřátí kabelů v seskupení.

## 2.2.6 Počet zatížených vodičů

Jde o počet zatížených vodičů v obvodu. Záleží na tom zda, středním vodičem prochází proud v důsledku nevyváženosti proudů ve fázových vodičích či nikoliv. Pokud ano volí se průřez vodiče podle největšího proudu ve fázových vodičích.

## 2.2.7 Paralelní propojení vodičů

Při paralelním propojení se musí dbát na to, aby proudové zatížení jednotlivých vodičů bylo stejné. Jinak by mohlo dojít k tomu, že jeden vodič bude přetížený, začne se přehřívat a ostatní by byly zatíženy jen z části. Za stejně zatížené se považují vodiče ze stejného materiálu, stejné délky, stejného průřezu bez připojeného obvodu k jednomu z vodičů.

## 2.2.8 Změna podmínek na trase

Dochází-li na trase (při větších délkách vodičů) ke střídání podmínek ochlazování, musí být dovolené proudy stanoveny pro tu část, která vykazuje podmínky nejhorší.

## 2.2.9 Časová oteplovací konstanta

Pro výpočet doby, během které dosáhne vodič určité teploty, je určující hodnota časové oteplovací konstanty. Tyto hodnoty ke každému druhu i průřezu vodiče udává jeho výrobce. Jde tu o dobu, za kterou vodič nebo kabel dosáhne maximální teploty ustálené hodnoty. Předpokládá se, že během této doby se veškerá tepelná energie využívá na ohřev

vodiče. S této hodnoty lze určit dobu, za kterou vodič nebo kabel daného druhu, průřezu a uložení dosáhne těchto teplot:

- nejvyšší dovolené provozní teploty
- nejvyšší dovolené teploty při proudovém přetížení
- nejvyšší dovolené teploty při zkratu

Tyto hodnoty teplot jsou klíčové v určení správného jištění proti přetížení a zkratu

## 2.3 Jištění vedení proti nadproudům

Jištění vedení nn slouží k ochraně lidí, samotného vedení a přístrojů k němu připojeným. A to před nebezpečným elektrickým proudem. Jde o to, aby jisticí prvek odpojí el. energii od chráněného zařízení dříve, než dojde k jeho poškození v důsledku nadproudu tepelnými nebo mechanickými účinky. Proto čím vyšší hodnota nadproudu, tím musí být kratší doba odpojení. Tato závislost doby odpojení na velikosti nadproudu se u jednotlivých typů jisticích prvků liší.

Ochranou vodiče vedení před přetížením a zkratem se snažíme docílit toho, aby nedocházelo k dlouhodobému přetěžování vodiče a tím ke zhoršování jeho vlastností. Chrání se jedním nebo více prvky umístěných v místě, kde samočinně přeruší jakékoliv nadproudy nižší nebo rovné zkratovému proudu v místě instalace. A to dříve než dojde k nebezpečnému oteplení jádra vodiče, izolace, spojů, koncovek nebo okolí vedení. Výjimku tvoří vedení, kde jsou nadproudy omezeny nebo bezpečnostní důvody. Omezení nadproudu nastává za podmínky, že zdroj má impedanci takovou, aby jím dodaný proud nepřekročil dovolený proud vodičů.

*Prvky zajišťující ochranu před nadproudy jsou [6]:*

- jističe s nadproudovým relé
- jističe ve spojení s pojistkami
- pojistky s tavnými vložkami gF, gF1, gT, gTF (ČSN 35 4715)
- pojistky s normální a pomalou tavnou vložkou (ČSN 35 4710)
- pojistky s tavnými vložkami „gG“ (ČSN 35 4701 část 1)
- pojistky s tavnými vložkami třídy R, gR (ČSN 35 4714 a 35 4701 část 4)

*Pro výběr správného jisticího prvku je třeba znát:*

- vypínací charakteristiky použitých jisticích prvků
- časovou oteplovací konstantu příslušného vodiče nebo kabelu

### 2.3.1 Charakteristiky jisticích prvků

Z důvodu rozdílnosti jednotlivých elektrických zařízení bylo k nim potřeba přiřadit jisticí prvky s různou charakteristikou. Při zvolení nevhodné charakteristiky může být zařízení chráněno proti přetížení a zkratu, ale nebude optimálně zatěžováno. Chráněná el. zařízení mají také své charakteristiky závislosti času na proudu. Při jejím překročení hrozí poškození zařízení. Charakteristika chráněného el. zařízení, musí být vždy nad charakt. jisticího prvku obr.5. Jinak hrozí poškození takového zařízení.

*Pravidla pro vytvoření obecné vypínací charakteristiky jisticího prvku:*

- Jmenovitý (dovolený) proud zařízení se nevypíná, teoreticky to tzn. že charakt. chráněného zařízení začíná v bodě, kde se proud rovná jmenovitému proudu  $I_n$  a doba odpojení je nekonečno
- Druhý teoretický bod charakt. je v bodě, kde se musí nekonečný proud vypnout v čase  $t=0$
- Všechny charakteristiky se nachází mezi těmito body
- Tyto charakteristiky jsou klesající

Není žádoucí, aby jisticí prvek vypnul jistěné zařízení při každém nadproudu (překročení jm. proudu). Musí se brát ohledy na specifické proudové zatížení jednotlivých chráněných zařízení. Pro správnou funkci by nestačil pouze jeden typ jisticích prvků, proto se vyrábí s některými odlišnými vlastnostmi. Ty zajistí správnou funkci jisticích prvků.

### 2.3.2 Spínací proud

U většiny elektrických zařízení dosahuje proud procházející obvodem při zapnutí násobku svého jm. proudu  $I_n$ . Takovéto špičkové proudy velmi rychle odezní a ustálí se na provozní hodnotu. Mezi takovéto zařízení patří elektromotory, u nejpoužívanějšího asynchronního může být zatěžovací proud až 10-ti násobkem  $I_n$  (obvykle max. 8 násobek). Patří mezi ně také transformátory, kde při zapínání díky remanentnímu magnetismu stoupne proud např. u tr. výkonu do 25VA až na 25-ti násobek  $I_n$  se zvyšujícím výkonem se proudové rázy zmenšují. Další jsou žárovky, hodnota proudu v obvodu při sepnutí je asi 8 násobek  $I_n$ . Rázy jsou způsobeny při sepnutí vlákno je chladnější a má nižší impedanci.

### 2.3.3 Zkratová odolnost

Jde o schopnost elektrického zařízení vydržet průchod zkratového proudu, tak aby nedošlo k jeho poškození. Je to maximální proud, který je zařízení schopno zapnout vést během vypínání a vypnout.

### 2.3.4 Ochrana proti proudovým přetížením

U prvků, které zajišťují jen ochranu proti proudovým přetížením, jde především o prvky mající inverzní charakteristiku. Tyto prvky jsou doplněny i prvky zajišťující ochranu proti zkratovým proudům. Proto může vypínací schopnost být pod hodnotou zkratového proudu.



## Umístění jistících prvků proti přetížení

- v místě změny způsobující snížení dovoleného proudu např. změna způsobu uložení, druhu, průřezu
- kdekoliv na trase vedení pokud mezi místem změny způsobující snížení dovoleného proudu a místem bez odbočky. Za podmínky, že tato část je chráněna před zkratovým proudem nebo nepřesahuje-li 3 m u venkovního provozu až 10 m a bez omezení mezi transformátorem a jeho jistícím prvkem.

## Koordinace mezi vodiči a jistícími prvky

Funkční charakteristika prvku, který jistí vedení proti přetížení musí vyhovovat těmto podmínkám [4]:

1.  $I_b \leq I_n \leq I_z$
2.  $I_2 \leq 1,45 I_z$

$I_b$  - proud, pro který je vedení navrženo (A)

$I_z$  - dovolené proudové zatížení vedení (A)

$I_n$  - jmenovitý proud jistícího prvku - u nastavitelných jistících prvků je jmenovitý proud  $I_n$  proudem zvoleného nastavení (A)

$I_2$  – proud zajišťující účinné zapůsobení ve smluvené době ochranného zařízení (A)

Podmínka č.1 je podmínka, která je nutná pro jištění proudového přetížení. Ale už nezaručuje při jejím splnění, že při přetížení jistící prvek přeruší tento proud dříve, než vytvořené teplo překročí max. dovolenou teplotu. S tohoto důvodu je dána ještě podmínka č.2, ta s velkou pravděpodobností zajistí včasné odpojení.

Místo 2. podmínky lze použít [4]

$$I_2 \leq K \cdot I_z$$

Kde K je součinitel uvažující typ, uložení, seskupení vodiče i teplotu okolí.

## Případy možného vynechání ochrany proti přetížení

- na místě za změnou průřezu (uložení, složení) na straně odběru, pokud je vedení dostatečně chráněné jistícím prvkem na straně přívodu
- na vedení, kde není pravděpodobné, že dojde k přetížení, za podmínky, že toto vedení bude chráněno proti zkratu a nemá odbočku ani zásuvku
- na instalacích pro telekomunikace, ovládání, signalizaci
- z bezpečnostních důvodů

Z bezpečnostních důvodů se vynechání ochrany proti přepětí používá v obvodech napájecích přístroje, kde by po odpojení mohlo dojít k nebezpečí. Doporučují se signalizační prvky přetížení. Jde např. o:

- budící obvody rotačních strojů
- napájecí obvody zvedacích elektromagnetů
- sekundární obvody proudových tr.
- nesmí být použito pro jištění ochranných vodičů

### 2.3.5 Ochrana proti zkratovým proudům

Při této ochraně se jedná o to, aby jistící prvky dovedly přerušit zkratové proudy dříve, než dojde k poškození nebo i zničení vodiče, jeho izolace, spojovacích míst apod. důsledkem tepelných a mechanických účinků proudu. K tomu je třeba stanovit předpokládaný zkratový proud v každém místě instalace.

Pro jištění proti zkratům musí jistící prvek splnit dvě podmínky:

- k vypnutí zkratového proudu musí dojít dříve, než dojde k přesažení přípustné teplotní meze.  
U zkratů v délce do 5s, je čas potřebný k oteplení na mezní teplotu určen rov. 2.13.
- zkratový proud, který je daný pro místo, kde je jistící prvek instalován nesmí být větší než vypínací schopnost tohoto prvku. Výjimku tvoří přívody, jež obsahují další jistící prvek, který má požadovanou vypínací schopnost.

#### Zkratové proudy

Pro každý obvod musí být podle ČSN 33 2000, až na výjimky viz str.22, stanoven zkratový proud a jištění zaručující ochranu proti jeho účinkům. Určení maximálního zkratového proudu je stěžejní pro výběr přístrojů s potřebnou zkratovou odolností. Mimo maximální zkratový proud je třeba určit i minimální zkratový proud.

*Důvody zjištění zkratových proudů:*

##### **a. maximální zkratový proud**

- spolehlivé vypnutí jisticího prvku
- dovolené namáhání vodičů, při použití jističů hlavně tepelné namáhání

##### **b. minimální zkratový proud**

- při použití pojistky k ochraně, dovolené tepelné namáhání vodičů
- při použití jističe, zajištění odpojení při zkratu v nejvzdálenější části obvodu

## ***Výpočet zkratového proudu***

### *Impedanční metoda*

Zjednodušený vztah [10]

$$I_k = \frac{U}{Z} = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + X^2}} \quad (2.15)$$

$I_k$ -zkratový proud [A],  $U$ -síťové napětí [V],  $Z$ -impedance smyčky poruchového obvodu kde  $R$  je rezistence a  $X$  reaktance [ $\Omega$ ]

### *Kompoziční metoda*

Používá se u výkonů nepřesahující 800 kVA. Lze jí určit maximální zkratový proud na konci vedení, ale pouze za předpokladu, že známe maximální zkratový proud na začátku vedení i impedanci vedení.

### *Konvenční metoda*

Používá se hlavně u koncových obvodů. Nelze ji použít u instalací napájených přímo z generátoru.

Výpočet minimálního zkratového proudu [10]:

$$I_{k \min} = \frac{0,8 \cdot U}{2 \cdot \rho \cdot \frac{L}{S}} \quad (2.16)$$

$I_{k \min}$	minimálního zkratového proud [A]
$U$	provozní napětí v místě instalace ochranného přístroje [V]
$\rho$	rezistivita jádra vodiče
$L$	délka vedení [m]
$S$	průřez vodiče [ $\text{mm}^2$ ]

### *Metoda trojúhelníku*

Lze použít při více na sebe navazujících vedení s postupným zmenšováním jejich průřezů. Využívá se také při určování délek odbočujících vedení pro zaručení automatickým odpojením.

## **Umístění jisticích prvků proti zkratu**

Prvky na ochranu před zkratovými proudy se umísťují na začátek vedení, kde je předpokládána změna způsobu uložení, druhu, průřezu vodiče. Ochranné prvky se mohou

přemístit pouze v případě, že vedení mezi místem změny průřezu vodiče a ochranným prvkem nepřesahuje délku 3 m, je provedeno způsobem, který snižuje nebezpečí zkratu na minimum a je umístěno tak, aby nedošlo k požáru nebo ohrožení osob.

### Případy možného vynechání ochrany proti zkratu

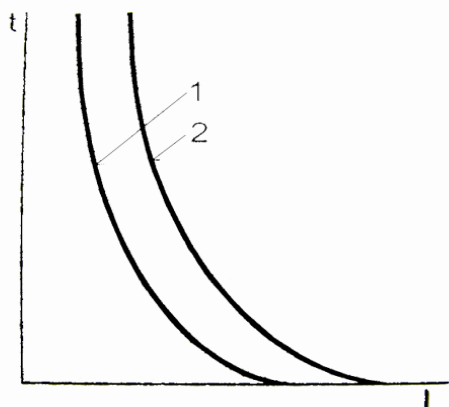
- vodiče spojující usměrňovače, transformátory, generátory s řídicími rozvaděči, které obsahují vlastní ochranu
- u obvodů, kde by po odpojení mohlo dojít k nebezpečným situacím ve stejných případech jako u přetížení
- určité měřicí obvody
- nesmí být použito pro jištění ochranných vodičů

Vynechání je možné za podmínek, že riziko zkratových proudů je minimální a vedení je mimo hořlavé materiály.

### 2.3.6 Selektivita jisticích prvků

Podle elektrotechnických předpisů ČSN 33 2000-3 čl. 314 Každé zařízení musí mít obvody rozděleny na více částí, kde každá část má vlastní jištění. Je to z důvodů snadnější manipulace a údržby.

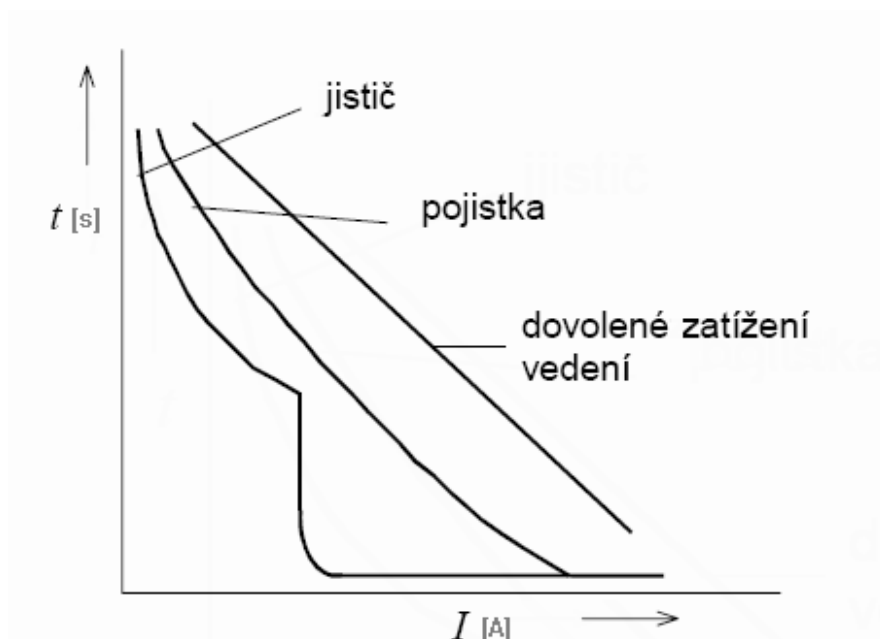
V podstatě jde o to, aby při nadproudu vypnul v co nejkratším čase pouze ochranný prvek v dané části, takže nedochází k nežádoucímu vypnutí ostatních částí. Reaguje tedy pouze nejbližší nadřazený jisticí prvek. Při poruše pouze v jednom podružném obvodu se tedy nepřerušuje dodávka elektrické energie do hlavního a ostatních podružných obvodů. V případech kdy dojde ke zkratu a vypínají jističe podružných i hlavních obvodů, je selektivita dosažena použitím úmyslného zpoždění vybavení zkratové spouště. Označení podle mezinárodní normy je jističe kategorie A (neselektivní) a jističe kategorie B (selektivní). Pro domácí jističe se používá dělení na třídy omezení energie. Jde o 3 třídy, kde největší omezení má 3. třída. Znamená to, že jistič s vyšší třídou zkrat vypne a předřazený jistič s nižší třídou naopak nevypne.



1 – charakteristika pro podružný obvod

2 – charakteristika pro hlavní obvod

Obrázek 4 [10] – Přiřazení jisticích prvků při dodržení selektivity



Obrázek 5 [13] – Ampérsekundová charakt. jističe, pojistky a dovoleného zatížení vedení

### 2.3.7 Druhy jistících prvků

#### Jističe

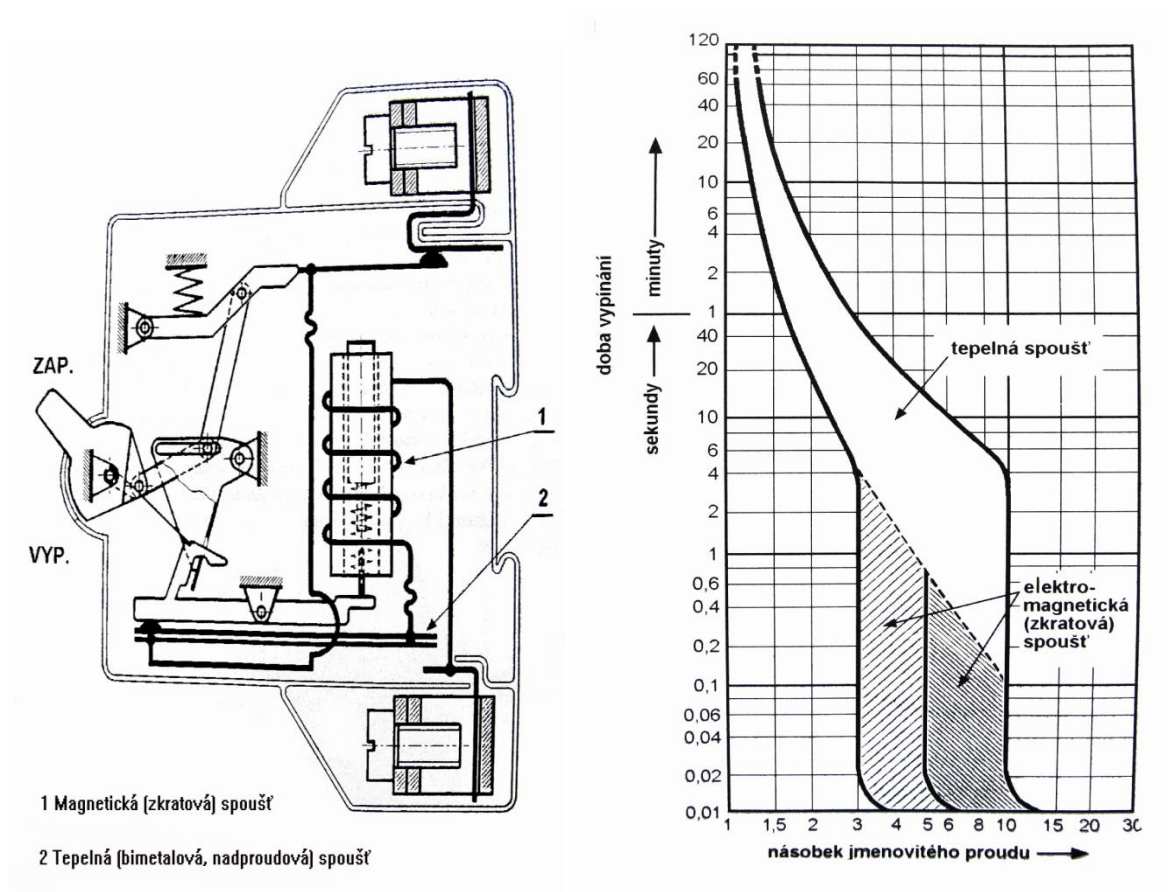
Vyvinut jako náhrada za pojistky. Hlavní součásti jsou zkratová a nadproudová spoušť. Nadproudová (tepelná, bimetalová) spoušť slouží k vypínání menších nadproudů. Pro větší nadproudy slouží zkratová spoušť. K jejímu vybavení dochází, na rozdíl od tepelné, okamžitě. Doba vypnutí při daném nadproudu je znázorněna ve vypínací charakt. jističe.

#### Výhody:

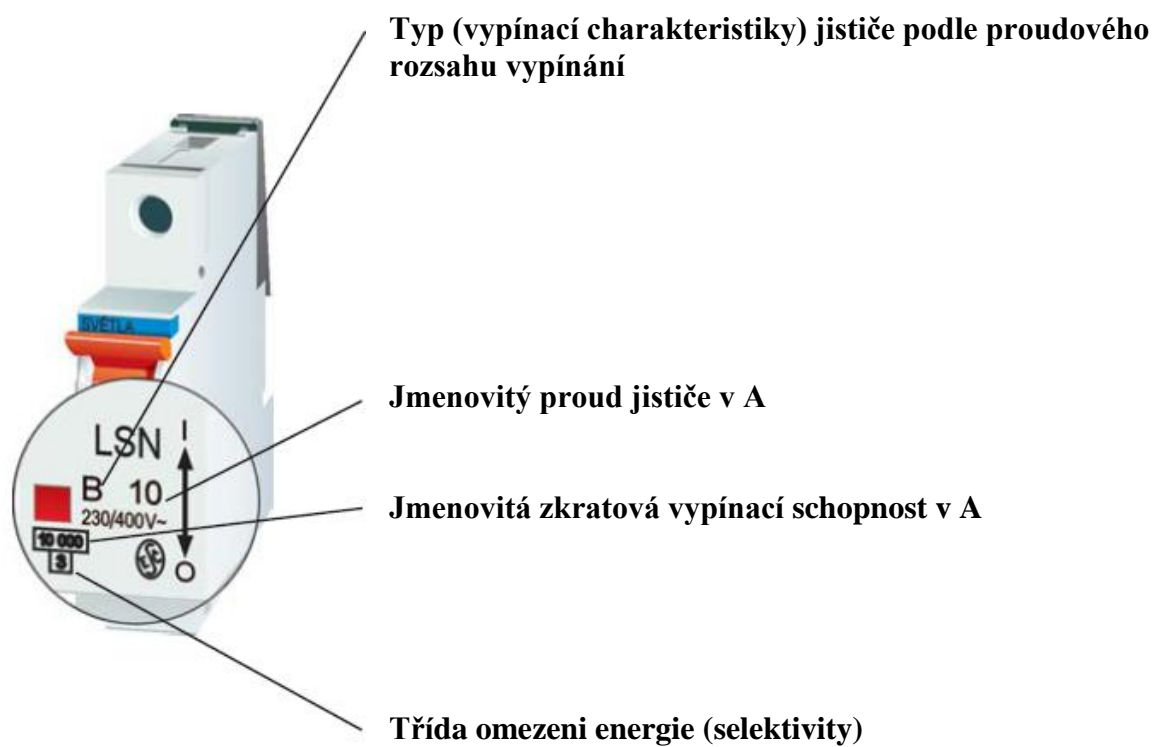
- Při vypnutí není porušen žádný jeho prvek, proto není potřeba výměna jističe
- Možnost okamžitého obnovení ochrany po vybavení
- Doplnění o další přídavné prvky nebo spouště
- U lepších typů možnost nastavit jednotlivé tepelné a zkratové spouště
- Větší citlivost u menších nadproudů

#### Nevýhody

- Menší zkratová odolnost oproti pojiskám
- Složitější konstrukce














Obrázek 6 [10] – Konstrukce jističe a Pásma ampérsekundových charakteristik jističů



Obrázek 7 [12] – Popis jističe typu LSN

**Tabulka 3 [12] – Barvy ovládacích páček jističů**

BARVY OVLÁDACÍCH PÁČEK JISTIČŮ LSN, LST																				
Jistič	LSN												LST							
In [A]	0,2-1,6	2	4	6	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	40	50	63	80	100	125
Barva ovládací páky																				
	černá	ružová	hnědá	zelená	světle zelená	červená	písková	šedá	modrá	žlutá	fialová	černá	bílá	měděná	černá	bílá	měděná	stříbrná	červená	žlutá

## Typy vypínacích charakteristik jističů

### Charakteristika A

Není mezinárodně normalizována.

Využití pro krátkou dobu odpojení poruch (0,4s podle ČSN 33 2000-4-41) při ochraně polovodičů, dlouhých vedení, obvodů s měniči.

Charakteristiky B, C a D mají nastavení tepelné spouště stejné, liší se pouze nastavením spouště zkratové. Jde o nejpoužívanější typy charakteristik.

### Charakteristika B

hodnota vybavovacích proudů spouště  $3 - 5 \times I_n$

použití pro zařízení, které nezpůsobují proudové rázy. Na ochranu vedení a sítí

### Charakteristika C

hodnota vybavovacích proudů spouště  $5 - 10 \times I_n$

využití u obvodů se špičkami zapínacího proudu např. světelné obvody se žárovkami, vícepólové asynchronní motory

### Charakteristika D

hodnota vybavovacích proudů spouště  $10 - 20 \times I_n$

využití u obvodů s velkými špičkami zapínacího proudu např. transformátory, elektromotory s velkými záběrnými proudy, elektromagnetické ventily

### Charakteristika E

Není mezinárodně normalizována

využití u jističů před elektroměry

### Charakteristika L (rychlá)

hodnota vybavovacích proudů spouště  $3,6 - 5 \times I_n$ .

Dříve využívaná, nahrazena charakt. B

využití u obvodů kde nedochází při zapínání k velkým proudovým rázům

### Charakteristika H

Dříve využívaná, nahrazena charakt. B.  
Byla využívána pro měkké sítě.

### Charakteristika K

Dříve využívaná, nahrazena charakt. D.  
využití v případech, kde byly potřeba hodnoty mezi charakt. C a D.  
Pro jištění silových zařízení

### Charakteristika U (normální)

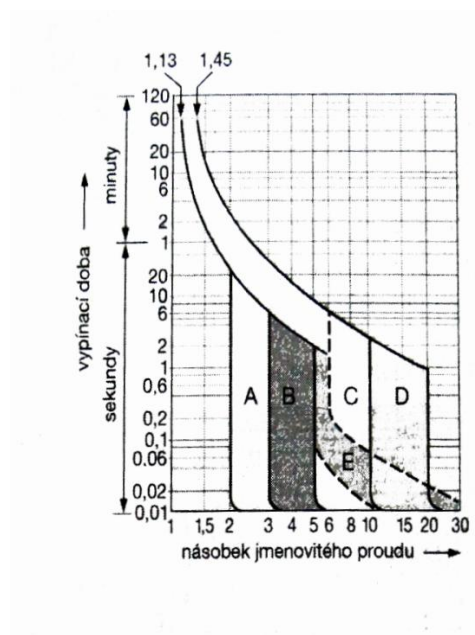
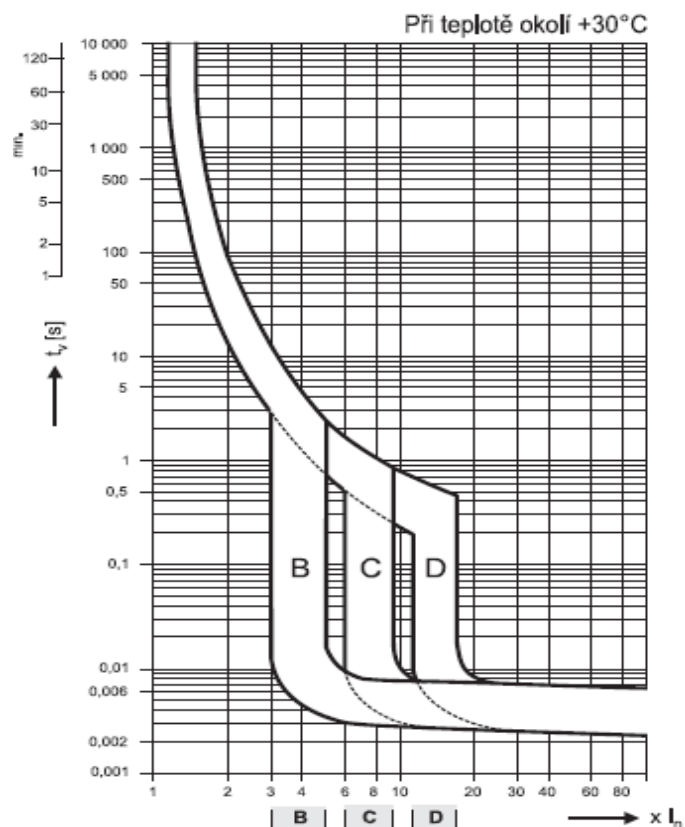
hodnota vybavovacích proudů spouště 5,2 – 12x  $I_n$ .

Dříve využívaná, nahrazena charakt. C.

Využití u obvodů kde dochází při zapínání k velkým proudovým rázům např. světelné obvody se žárovkami, malé tr.

### Charakteristika G (hlavní)

Dříve využívaná, nahrazena charakt. C.



Obrázek 8 [12], [10] – Charakteristiky jističů B,C,D a charakt. jističů A-D



## Tavné pojistky

Jde o nejpoužívanější a nejjednodušší prvky pro jištění přepětí a zkratu. Dovedou rychle reagovat na vzniklé proudy, ale u přetížení s menšími proudy je jejich reakce nedostatečná. Pojistka pracuje jako nejslabší místo obvodu, kde pomocí tepelných účinků nadproudů dochází k jeho přepálení (přerušení). Z toho vyplývá, čím větší proud tím dochází k rychlejšímu přerušení a lepší reakční době.

Pojistka nesmí vypnout proud do velikosti své jmenovité hodnoty. Také nesmí vypnout menší nadproudy (1,3 – 1,5 násobek jm. proudu) a to po dobu:

1 hodiny u pojistek se jm. proudem do 63A,

2 hodin u pojistek se jm. proudem do 160A

3 hodin u pojistek se jm. proudem do 400A

4 hodin u pojistek se jm. proudem nad 400A

Naopak hodnoty 1,6 – 2,1 násobek jm. proudu musí pojistka vypnout.

*Výhody:*

- Velká spolehlivost vycházející z jednoduché konstrukce
- Malé vlastní ztráty
- Vypínací schopnost v širokém rozsahu nadproudů
- Stálost VA charakt. při změnách teploty
- Odolnost proti stárnutí
- Omezuje zkratové proudy

*Nevýhody:*

- Výměna pojistkové vložky při každém zapůsobení
- Vyměněné pojistkové vložky musí mít stejnou nebo podobnou charakter.
- U menších nadproudů delší reakční doba

*Funkční třídy nízkonapěťových pojistek (podle časového průběhu):*

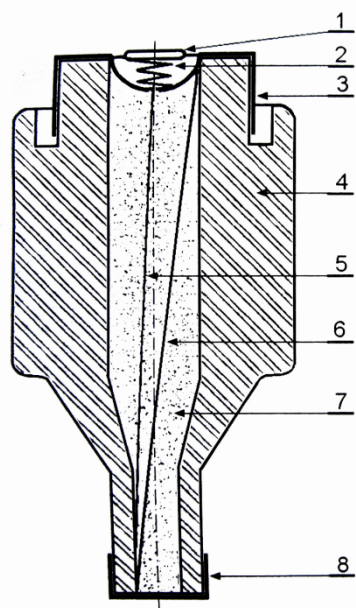
- funkční třída g – tyto pojistky vypínají všechny nadproudy tedy zkraty i přetížení
- funkční třída a – tyto pojistky vypínají pouze část nadproudů a to jen zkraty; proto se používají vždy společně s nadproudovými vypínači, které nahrazují ochranu proti přetížení zařízení

*Funkční a provozní třídy a oblasti jejich použití*

- gG ochrana kabelů a vedení v plném rozsahu nadproudů
- gM ochrana motorových obvodů v plném rozsahu nadproudů
- gB jištění důlních zařízení v plném rozsahu nadproudů
- gTr ochrana transformátorů v plném rozsahu nadproudů
- aM jištění ochranných vypínačů v částečném rozsahu nadproudů
- aR ochrana polovodičových součástek v částečném rozsahu nadproudů

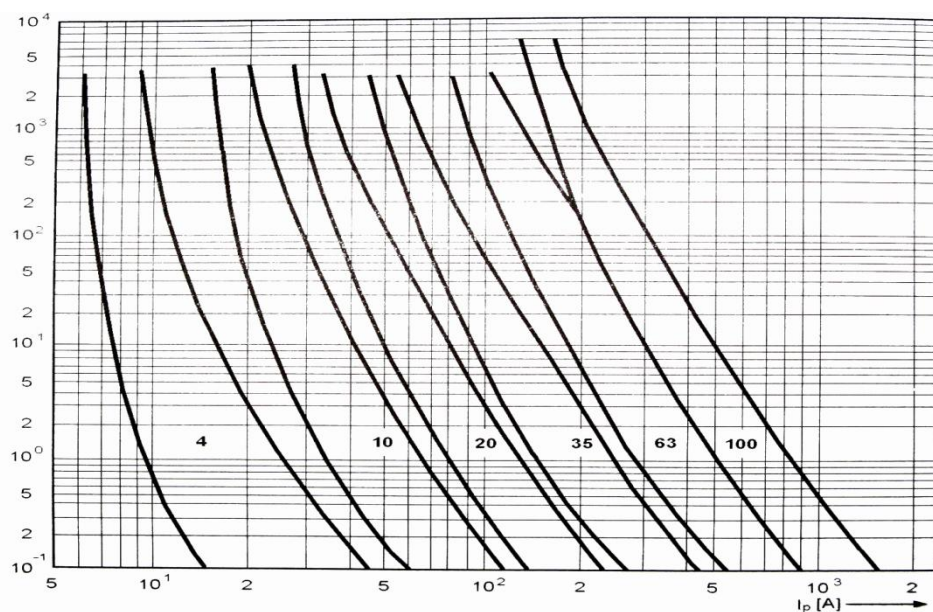
**Tabulka 4 – Barevné označení šroubovacích pojistek podle jmenovitého proudu**

Růžová	2	Žlutá	25
Hnědá	4	Černá	35
Zelená	6	Bílá	50
Červená	10	Měděná	63
Šedá	16	Stříbrná	80
Modrá	20	Červená	100



- 1 ukazatel stavu pojistky (terčík)
- 2 pérko
- 3 kovové kontaktní víčko (vrchní)
- 4 keramické (porcelánové) pouzdro
- 5 přídržný drátek ukazatele stavu pojistky (po vybavení pojistky drátek ukazatel uvolní)
- 6 tavný vodič
- 7 křemenný písek
- 8 kovové kontaktní víčko (spodní)

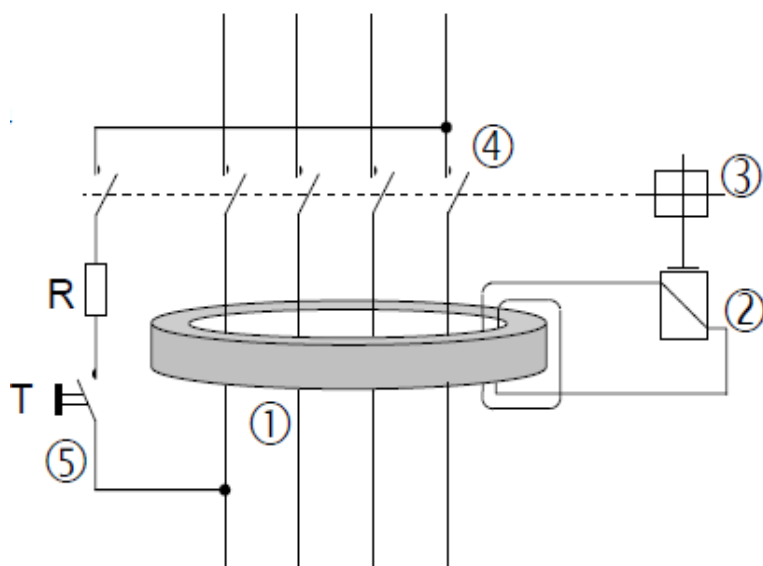
**Obrázek 9 [10] – Konstrukce pojistkové vložky**



**Obrázek 10 [10] – Charakt. pojistkových vložek typu gG**

## Proudový chránič

Proudový chránič nechrání proti zkratům, ale při poruchách např. poškození izolace, kdy se na neživé části elektrického zařízení dostane proud. Pracuje na principu porovnávání proudů v pracovních vodičích, které jím prochází. Toto srovnání je zajištěno součtovým transformátorem. Pokud je rozdíl mezi proudy vycházejícími z chrániče a vracejícími větší, než je hodnota stanovená pro daný chránič, vytvoří se magnetický tok (za normálních podmínek je tok nulový). A elektromagnetická spoušť spustí volnoběžku, která odpojí kontakty.



Obrázek 11 [14] – Proudový chránič

- 1 - součtový transformátor proudů
- 2 - vybavovací zařízení
- 3 - volnoběžka
- 4 - spínací kontakty
- 5 - testovací obvod

Hlavní parametry proudových chráničů [14]

- jmenovitý proud  $I_N$  - 6, 10, 13, 16, 25, 40, 63, 80, 100 A
- jmenovitý reziduální proud  $I_{\Delta N}$  - 10, 30, 50, 100, 300, 500 mA
- jmenovité napětí nejčastěji 240/415 V
- frekvence nejčastěji 50 Hz
- tvar reziduálního proudu nejčastěji střídavý sinusový
- vypínací doba 0,04 – 0,3 s

## Nadproudové relé

Obsahují nadproudovou spoušť. Sami tyto přístroje nevypínají nadproudy, ale k vypnutí potřebují jiný spínací přístroj nejčastěji stykač. Spolu s pojistkou slouží k ochraně asynchronních motorů.

## **Tepelné relé**

Pracují na principu ohybu bimetalového pásku. Dochází u nich k časovému zpoždění při ohnutí bimetalu teplem vzniklým průchodem proudu. Využívá se u elektromotorů při rozběhu.

### **2.3.8 Jištění jednotlivých vodičů vedení**

#### **Fázové vodiče**

Všechny vodiče musí mít nadproudovou ochranu. Při nadproudu je odpojen vodič, na kterém byl zjištěn, ale už nedochází nutně k odpojení zbývajících živých vodičů.

V sítích TT smí být jeden z fázových vodičů bez nadproudové ochrany, pokud v obvodu na straně napájení existuje ochrana, odpojující všechny fázové vodiče a z umělého středního bodu není rozdělen střední vodič.

#### **Střední vodiče**

Sítě TT, TN – Pokud je střední vodič stejného průřezu, jak fázové vodiče, nemusí být chráněn ochranným prvkem. Při průřezu menším jak u fázových vodičů je třeba ochranný prvek, který nemusí nutně odpojit střední vodič, ale fázové vodiče ano.

Síť IT – nedoporučuje se rozvedení středního vodiče

#### **Paralelní vodiče**

Při chránění několika paralelně zapojených vodičů jedním jisticím prvkem, je hodnota dovoleného proudového ztížení součtem dovolených proudů všech jištěných vodičů za podmínky, že vodiče jsou vždy uspořádány tak, že jsou jimi přenášeny stejné proudy.

#### **Ochranné vodiče**

Ochranné vodiče se z bezpečnostních důvodů jistit nesmí. Zároveň musí vyhovět účinkům zkratových proudů po dobu, než dojde k odpojení zkratu.

### 3 Měření průběhu oteplování vodiče

K měření průběh oteplování vodiče byl použit vodič CY 10 mm<sup>2</sup>. Způsob uložení vodiče při měření byl volně na vzduchu. Měření jsem prováděl pro dvě hodnoty procházejícího proudu. Vodičem při měření procházel konstantní zatěžovací proudy  $I_z$  a  $1,5 \times I_z$ . Měření teploty vodiče se uskutečnilo pomocí multimetru RE6810, při uložení vodiče volně ve vzduchu, za teplotních podmínek okolí  $T=15,5^\circ\text{C}$ . Z naměřených hodnot jsem sestrojil charakteristiku. Z grafu jsem poté pomocí výpočtu určil časovou oteplovací konstantu  $\tau$

*Hodnoty použitého vodiče uváděné výrobcem (nkt cables s.r.o.):*

Jádro: Cu

Izolace: PVC typu TI1

Zkušební napětí: 2 kV

Jmenovité napětí: 450/750 V

Teplotní odolnost:  $-30^\circ\text{C}$  až  $+70^\circ\text{C}$

Maximální odpor jader při  $20^\circ\text{C}$  ( $\Omega/\text{km}$ ) : 1,88

Průřez jádra vodiče: 10 mm<sup>2</sup>

Časová oteplovací konstanta: 130 s

#### 3.1 Naměřené hodnoty

**Tabulka 5 – Naměřené hodnoty oteplování vodiče**

$I_z = 60\text{mA}$	
t [min]	T [ $^\circ\text{C}$ ]
0	15,5
5	35
10	37,7
15	38,2
20	38
30	38,5
40	38,8
50	39

$1,5 \times I_z = 90\text{mA}$	
t [min]	T [ $^\circ\text{C}$ ]
0	39
2	47
4	55
6	60,5
8	62,5
10	63
15	63,5
20	63,7
30	65

Výpočet hodnot z údajů od výrobce	
t [min]	T [ $^\circ\text{C}$ ]
0	15,5
2	23,5
4	32,8
6	36,6
8	38,0
15	39,0
20	39,0
30	39,0
50	39,0

Příklad výpočtu:

Počáteční teplota:  $15,5^\circ\text{C}$

Max. ustálená teplota:  $39^\circ\text{C}$

$\tau = 130\text{s}$

$$\Delta\vartheta = \Delta\vartheta_{\max} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = 39 \cdot \left(1 - e^{-\frac{120}{130}}\right) = 23,5^\circ\text{C} \quad [1] \quad (3.1)$$

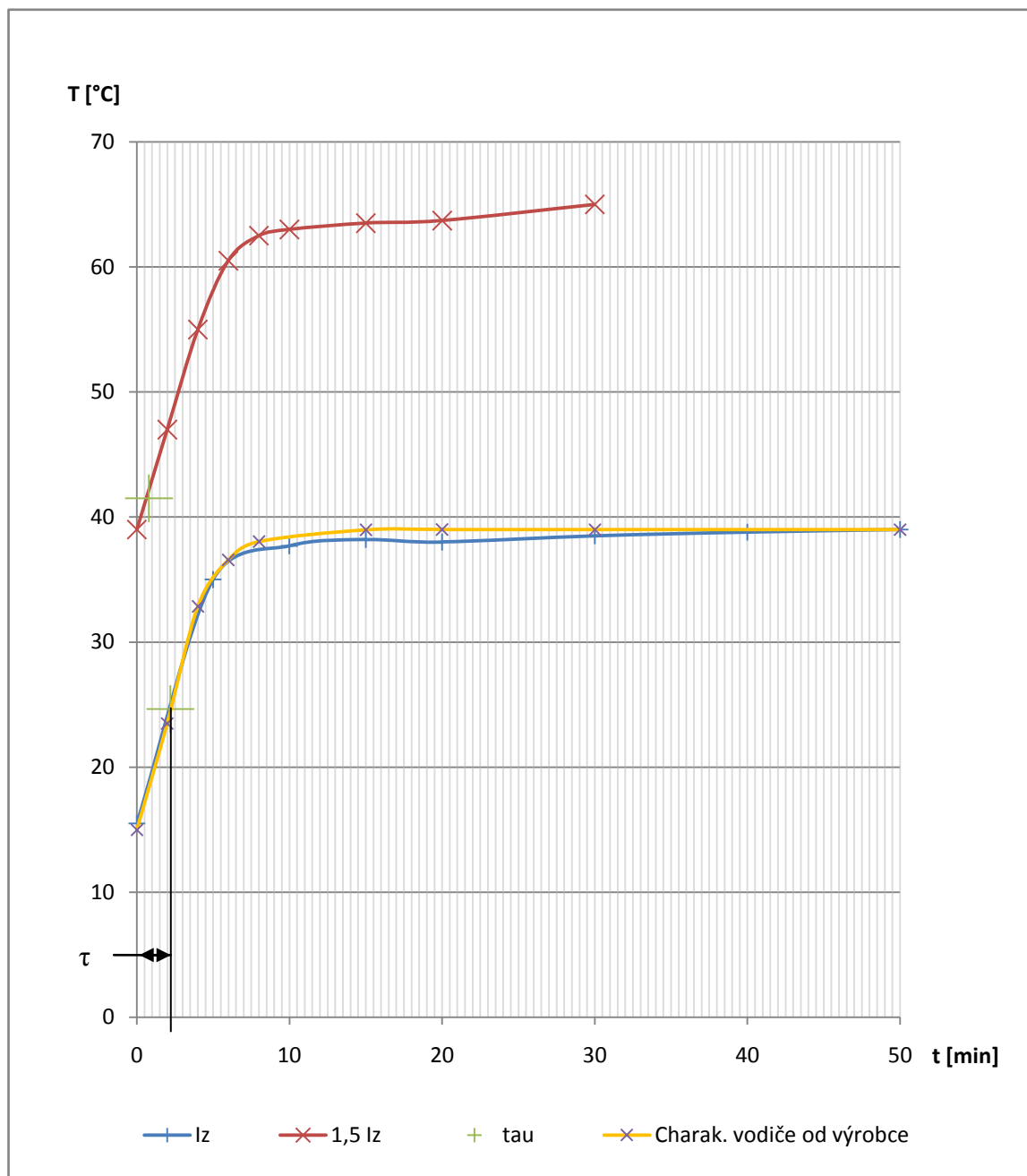
$\Delta\vartheta$  - Oteplení jádra/povrchu vodiče (K) – v čase t od začátku průchodu proudu

$\Delta\vartheta_{\max}$  - Největší ustálené oteplení jádra/povrchu vodiče (K)

t - Čas od počátku průchodu proudu, nadproudu (s)

$\tau$  - Časová oteplovací konstanta vodiče (s) viz odst. 2.2.9

### 3.2 Hodnoty vynesené do grafu



Obrázek 12 - Graf oteplovací charakteristiky

### 3.3 Určení časové oteplovací konstanty $\tau$

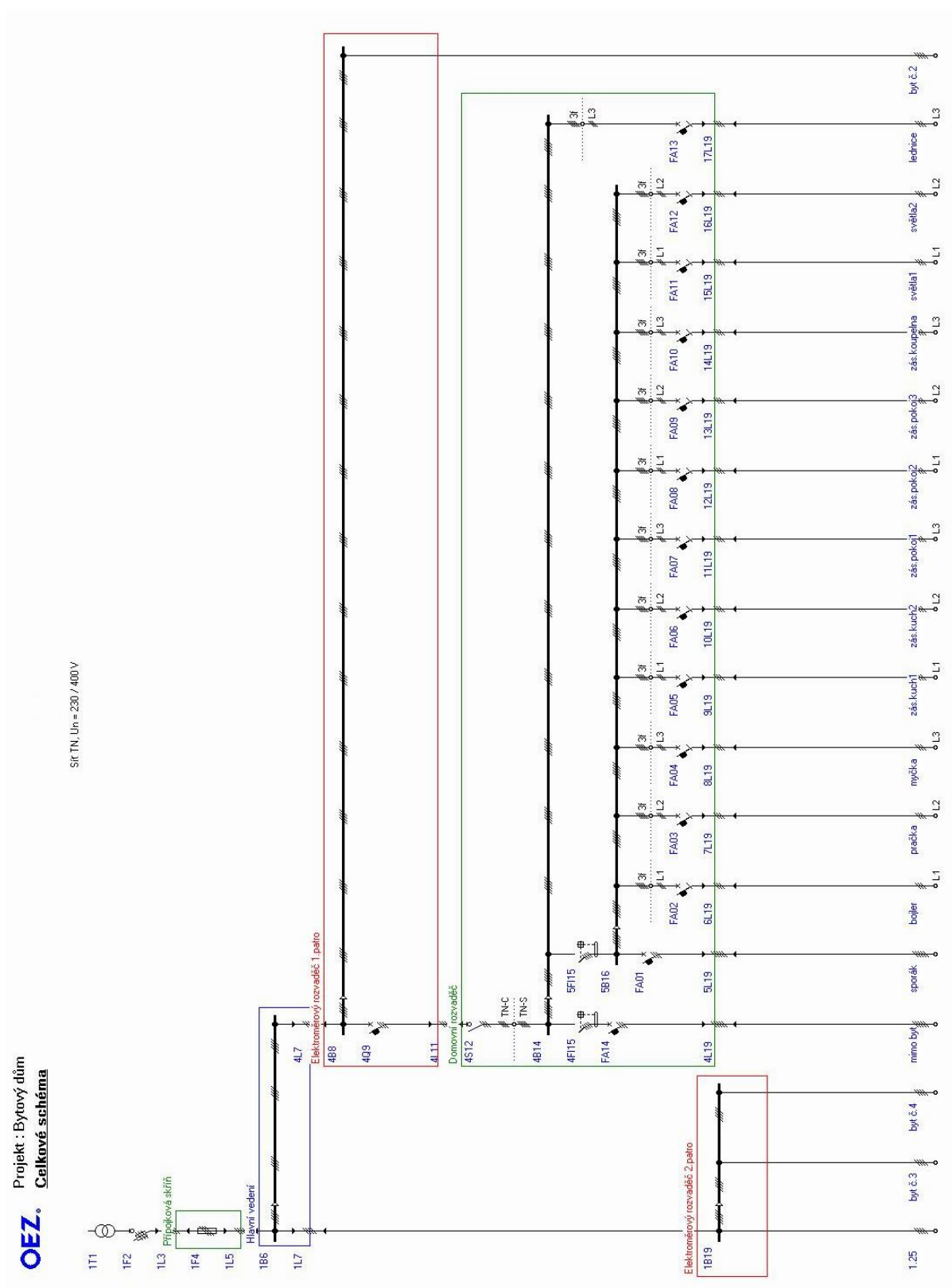
- určení maximálního ustáleného oteplení jádra/povrchu vodiče  $\vartheta_{\max}$ 
  1.  $\vartheta_{\max} = 39^{\circ}\text{C}$
  2.  $\vartheta_{\max} = 65^{\circ}\text{C}$
- výpočet dosažené teploty v hodnotě času konstanty  $\tau$ 
  1.  $T_{\tau} = 0,632 \cdot \vartheta_{\max} = 0,632 \cdot 39 = 24,7^{\circ}\text{C}$
  2.  $T_{\tau} = 41,1^{\circ}\text{C}$
- při odečtení vypočítané hodnoty  $T_{\tau}$  z grafu získáme velikost časové oteplovací konstanty  $\tau$   
odečtené hodnoty:
  1.  $\tau = 2,2 \text{ min} = 132 \text{ s}$
  2.  $\tau = 0,8 \text{ min} = 48 \text{ s}$

### 3.4 Vyhodnocení měření

Hodnota časové oteplovací konstanty  $\tau$  udávaná výrobcem 130 s a hodnota  $\tau$  určená pomocí výpočtu a naměřené charakteristiky se při měření s  $I_z=60\text{mA}$  liší jen nepatrně 2s což je 1,5%. Při zatížení proudem  $I_z=90\text{mA}$  je ale hodnota  $\tau$  odlišná o více jak 60%. Mohlo to být způsobeno tím, že měření pro zatížení  $1,5 \times I_z$  bylo provedeno ihned po měření pro  $1 \times I_z$ , to je od teploty  $39^{\circ}\text{C}$ . Vliv mělo také měření vyšších teplot, tedy větší rozdíly teplot a větší výdej teplo do okolí.

## 4 Praktický projekt elektrického rozvodu

### 4.1 Celkové schéma el. rozvodu



Obrázek 13 – Celkové schéma el. rozvodu vytvořené v Sichru



## 4.2 Popis navrženého elektrického rozvodu

Tento projekt obsahuje návrh elektrických rozvodů a jejich jištění proti přetížení a zkratu pro bytový dům se čtyřmi byty. V návrhu se nezabýváme elektrickými rozvody společných prostor. Projekt je vypracován pomocí softwarového programu Sichr.

Podrobný návrh je zpracován pro 1 byt 3+1 užitné plochy 82m<sup>2</sup>. Zbylé byty jsou nahrazeny hodnotou maximálního soudobého příkonu pro byt stupně elektrizace B  $P_b = 11\text{kW}$  dle normy ČSN 33 2130 [11]. Elektrický rozvod je navržen tak, aby jednotlivé fáze byly zatěžovány rovnoměrně.

Napěťová soustava: 3+PEN, 50Hz, AC, 230/400V, TN-C-S

Součinitel soudobosti:  $\beta = 0,6$

Stupeň elektrizace: B

### Přípojka

Bytový dům je k veřejnému rozvodu elektřiny nn transformátoru *aTSE732 22/0.40* napojen kabelem typu CYKY4x150, kabelové vedení je taženo v zemi. Přívodní vedení nn je v přípojkové skříni jištěno pomocí výkonových pojistek 3x PN000gG  $I_n = 100\text{A}$ . Na vedení do hlavního rozvaděče je použit kabel CYKY 3x70+35

### Hlavní rozvaděč

Slouží k napájení podružných rozvaděčů (napájení bytů a nebytových prostor).

### Elektroměrový rozvaděč

Jsou zde umístěna měřící zařízení elektroměry. Před elektroměrem je použit jistič 3-f LPN-25B. Vedení od elektroměru k domovnímu rozvaděči je provedeno kabelem CYKY 4x10 způsob uložení elektroinstalační trubky zapuštěné ve zdi.

### Domovní rozvaděč

K vypnutí domovního rozvaděče je použit spínač APN-32. Za spínačem je rozdělena síť z TN-C na TN-S. Veškeré vedení je uloženo v elektroinstalačních trubkách zapuštěné ve zdi.

Všechny el. obvody v bytě jsou chráněny proudovým chráničem OFI-25-4-030AC-G. Výjimka je obvod určený pro chladničku z důvodu funkčnosti při vypnutí proudového chrániče. Každé elektrické zařízení, které má příkon 2kW a více musí mít vlastní jištěný obvod.

Z rozvaděče je vyveden k využití pro dodatečné obvody (např. pro sklep, zahradu) 3-f kabel CYKY 5x4. Tento vývod je chráněn 3-f jističem LPN-20B. Obvod je chráněn proudovým chráničem OFI-25-4-030AC-G

#### *Zásuvkové obvody kuchyň:*

1. Samostatný 3-f obvod pro elektrický sporák tažený kabelem CYKY 5x2,5 pro jištění je použit 3-f LPN-16B
2. Samostatný 1-f obvod pro myčku tažený kabelem CYKY 3x2,5 pro jištění je použit 1-f LPN-16B. Tento obvod je připojen na 3. fázi.
3. 2-krát zásuvkový obvod každý jištěn jističem 1-f LPN-16B, obvody jsou tažené kabelem CYKY3x2,5 - pro ostatní spotřebiče. Tyto obvody jsou připojeny na 1. a 2. fázi.
4. Výše zmíněný zásuvkový obvod pro chladničku, obvod je tažen kabelem CYKY 3x2,5 a jištěn jističem LPN-16B. Tento obvod je připojen na 3. fázi.

#### *Zásuvkové obvody koupelna:*

1. Samostatný 1-f obvod pro bojler tažený kabelem CYKY 3x2,5 pro jištění tohoto spotřebiče je použit 1-f LPN-16B. Tento obvod je připojen na 1. fázi.
2. Samostatný 1-f zásuvkový obvod pro pračku, který je tažený kabelem CYKY 3x2,5 a jištěn je 1f LPN-16B. Tento obvod je připojen na 2. fázi.
3. Zásuvkový obvod chráněný jističem 1f LPN-10B a tažený kabelem CYKY3x2,5 pro ostatní spotřebiče. Obvod je připojen na 3. fázi.

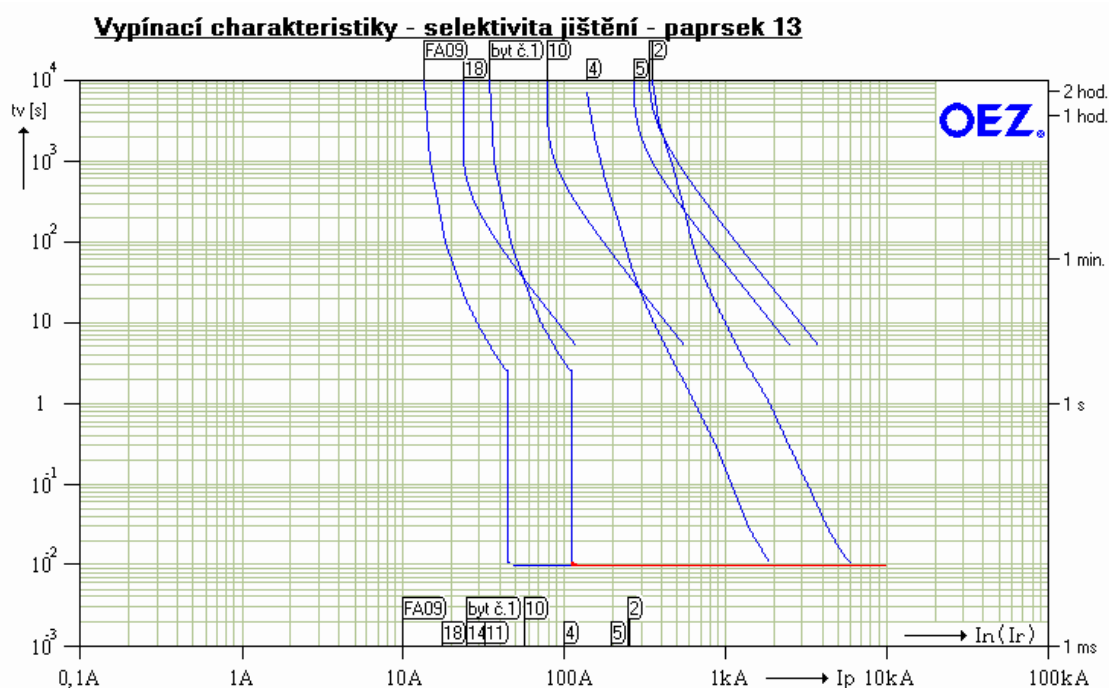
#### *Zásuvkové obvody ostatní pokoje*

V obývacím pokoji, ložnicích a chodbě bytu jsou použity 3 1-f zásuvkové obvody a to 2 dva 1-f zásuvkové obvody oba chráněny jističem 1-f LPN-16B, obvody jsou taženy kabely CYKY 3x2,5. Obvody jsou připojeny na 1. a 3. fázi. Dále 1-f zásuvkový obvod chráněný jističem 1-f LPN-10B a tažen také CYKY 3x2,5. Tento obvod je připojen na 2. fázi.

#### *Světelné obvody*

Pro celý byt jsou navrženy dva světelné obvody, taženy jsou pomocí kabelů CYKY 3x1,5 a každý je chráněn pomocí jističe 1-f LPN-6C. Pro tyto obvody jsou použity 1. a 2. fáze.

### 4.3 Charakteristiky ochranných prvků a vedení



**Obrázek 14 – Vypínací charakteristika (Sichr)**

*Popis vypínacích charakteristik:*

- **FA09** - jistič LPN-10B
- **18** – kabelové vedení zásuvkového obvodu
- **byt č.1** – jistič před elektroměrem byt č.1 LPN-25B
- **10** – kabelové vedení z elektroměru k domovnímu rozvaděči
- **4** – pojistka PN000gG In=100A , jištění hl. domovního vedení v přípojkové skříně
- **5** – kabelové vedení z přípojkové skříně k hlavnímu rozvaděči
- **2** – PN3gG In=250A , jištění transformátoru

Jde o příklad selektivity vypínacích charakteristik pro jištění zásuvkového obvodu konkrétně „zás.pokoj3“. Ze zobrazených charakteristik vyplývá, že jisticí prvky jsou, vzhledem k dodržení selektivity jištění, zařazeny v elektrickém rozvodu správně. Charakteristiky jisticích prvků podružných a koncových obvodů jsou v grafu nalevo, tedy vypínají při menších proudech, než hlavní obvody viz obr.4.

## 4.4 Přehled použitých prvků a jejich parametrů

Výpis jednotlivých prvků použitých při návrhu elektrického vedení v programu Sichr.

1T1	aTSE732 22/0.40 U <sub>2</sub> = 231/400 V I <sub>n</sub> = 361 A dU = 0.4 %	Sr = 250 kVA uk = 6 %	I <sub>k</sub> " = 5.96 kA i <sub>p</sub> = 12.6 kA	Parametry VN sítě : Sk = 500 MVA, X/R = 10
1F2	PN3gG I <sub>n</sub> = 250 A		I <sub>cc</sub> = 120 kA i <sub>o</sub> = 11.5 kA	Připojeno pomocí FH3; Cd/Pb free Z <sub>s</sub> (0,4s) = 90 mOhm (I <sub>a</sub> = 2.57 kA)
1L3	1-CYKY4x150 I <sub>z</sub> = 254.9 A dU = 0.2 %	t <sub>m</sub> = 31 ° C I <sub>2t</sub> < k <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	I <sub>k</sub> " = 4.80 kA i <sub>p</sub> = 8.72 kA	80 m v zemi (D) O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (0,4s) ( 60.5 mOhm < 90.0 mOhm ) Měrný tepelný odpor [K.m/W] : 2.0 = suchá půda, řídké
deště				Teplota okolí [st. C] : 20 Uspořádání seskupených obvodů : 1 x přímo v zemi
1F4	PN000gG I <sub>n</sub> = 100 A		I <sub>1</sub> = 120 kA i <sub>o</sub> = 5.25 kA	Připojeno pomocí FR00; Cd/Pb free Z <sub>s</sub> (0,4s) = 261 mOhm (I <sub>a</sub> = 885 A) 1F2-1F4 zaručena plná selektivita
1L5	1-CYKY3x70+35 I <sub>z</sub> = 157.9 A dU = 0.0 %	t <sub>m</sub> = 61 ° C I <sub>2t</sub> < k <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	(I <sub>k</sub> " = 4.62 kA) i <sub>o</sub> = 5.18 kA	10 m v trubce na stěně (B) O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (0,4s) ( 66.9 mOhm < 261 mOhm ) Teplota okolí [st. C] : 25 Způsob uložení : Kabel v trubce na stěně či ve zdi, v liště
nebo v kabelovém kanále				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku,
zapuštěné nebo uzavřené				Počet seskupených obvodů : 1
1B6	Sběrnice B = 0.6 U = 398 V (U <sub>n</sub> - 0.6%)		(I <sub>k</sub> " = 4.62 kA) i <sub>o</sub> = 5.18 kA	O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (0,4s) ( 66.9 mOhm < 261 mOhm )
1B19	Sběrnice B = 1 U = 398 V (U <sub>n</sub> - 0.6%)		(I <sub>k</sub> " = 4.62 kA) i <sub>o</sub> = 5.18 kA	O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (0,4s) ( 66.9 mOhm < 261 mOhm )
1.25	Vývod S = 0 VA U = 398 V (U <sub>n</sub> - 0.6%)		(I <sub>k</sub> " = 4.62 kA) i <sub>o</sub> = 5.18 kA	O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (0,4s) ( 66.9 mOhm < 261 mOhm )
=====				
byť č.3	Vývod P = 11 kW xB = 11 kW I = 16.7 A U = 398 V (U <sub>n</sub> - 0.6%)	cos φ <sub>i</sub> = 0.95 B = 1	(I <sub>k</sub> " = 4.62 kA) i <sub>o</sub> = 5.18 kA	O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (0,4s) ( 66.9 mOhm < 261 mOhm )
=====				
byť č.4	Vývod P = 11 kW xB = 11 kW I = 16.7 A U = 398 V (U <sub>n</sub> - 0.6%)	cos φ <sub>i</sub> = 0.95 B = 1	(I <sub>k</sub> " = 4.62 kA) i <sub>o</sub> = 5.18 kA	O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (0,4s) ( 66.9 mOhm < 261 mOhm )
=====				

4B7	Sběrnice B = 1 U = 398 V (Un - 0.6%)		(Ik"= 4.62 kA) io = 5.18 kA	O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 66.9 mOhm < 261 mOhm )
byt č.1	LPN-25B In = 25 A		Icn = 10 kA io = 5.18 kA Icm = 17 kA	Irm = 112.50 A Zs(0,4s) = 1.87 Ohm (Ia = 124 A) 1F4-byt zaručena plná selektivita
4L10	CYKY4x10 Iz = 48.8 A dU = 0.1 %	tm = 46 ° C I2t < k2S2	(Ik"= 4.19 kA) io = 5.02 kA	5 m v trubce na stěně (B) O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 84.6 mOhm < 1.87 Ohm ) Teplota okolí [st. C] : 25 Způsob uložení : Kabel v trubce na stěně v zdi, v liště nebo v kabelovém kanále zapuštěné nebo uzavřené Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, Počet seskupených obvodů : 1
4S11	APN-32 In = 32 A			
4B13	Sběrnice B = 1 U = 397 V (Un - 0.6%)		(Ik"= 4.19 kA) io = 5.02 kA	O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 84.6 mOhm < 1.87 Ohm )
4FI14	OFI-25-4-030AC-G In = 25 A	I <sub>dn</sub> = 0.03 A		Zs(0,4s) = 1.54 kOhm (5xI <sub>dn</sub> = 0,15A)
FA14	LPN-16B In = 16 A		Icn = 10 kA io = 5.02 kA Icm = 17 kA	Irm = 72 A Zs(0,4s) = 2.88 Ohm (Ia = 80 A) byt č.1-FA14 selektivní minimálně do 95 A
4L18	CYKY 5x4 Iz = 28.6 A dU = 0.1 %	tm = 52 ° C I2t < k2S2	Ik"= 1.72 kA ip = 2.49 kA	20 m v trubce na stěně (B) O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 279 mOhm < 1.54 kOhm ) Teplota okolí [st. C] : 25 Způsob uložení : Kabel v trubce na stěně v zdi, v liště nebo v kabelovém kanále zapuštěné nebo uzavřené Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, Počet seskupených obvodů : 1
mimo byt	Vývod I = 11 A xB = 3.3 A I = 3.30 A U = 397 V (Un - 0.7%)	cos fi = 0.95 B = 0.3	Ik"= 1.72 kA ip = 2.49 kA	O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 279 mOhm < 1.54 kOhm )
=====				
5FI14	OFI-25-4-030AC-G In = 25 A	I <sub>dn</sub> = 0.03 A		Zs(0,4s) = 1.54 kOhm (5xI <sub>dn</sub> = 0,15A)
5B15	Sběrnice B = 1 U = 397 V (Un - 0.6%)		(Ik"= 4.19 kA) io = 5.02 kA	O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 84.6 mOhm < 1.54 kOhm )
FA01	LPN-16B In = 16 A		Icn = 10 kA io = 5.02 kA Icm = 17 kA	Irm = 72 A Zs(0,4s) = 2.88 Ohm (Ia = 80 A) byt č.1-FA01 selektivní minimálně do 95 A
5L18	CYKY 5x2,5			

	$I_z = 21.2 \text{ A}$ $dU = 0.2 \%$	$t_m = 84 \text{ }^\circ\text{C}$ $I_{2t} < k_2 S_2$	$I_{k1} = 1.53 \text{ kA}$ $i_p = 2.20 \text{ kA}$	15 m v trubce na stěně (B) O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( 329 mOhm < 1.54 kOhm ) Teplota okolí [st. C] : 25 Způsob uložení : Kabel v trubce na stěněči ve zdi, v liště
nebo v kabelovém kanále				
zapuštěné nebo uzavřené				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, Počet seskupených obvodů : 1
sporák	Vývod $I = 8.0 \text{ A}$ xB = 3.2 A $I = 3.20 \text{ A}$ U = 397 V (Un - 0.8%)	$\cos \phi_i = 0.95$ B = 0.4	$I_{k1} = 1.53 \text{ kA}$ $i_p = 2.20 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( 329 mOhm < 1.54 kOhm )
=====				
FA02	LPN-16B $I_n = 16 \text{ A}$		$I_{cn} = 10 \text{ kA}$ $i_{o1} = 4.62 \text{ kA}$ $I_{cm} = 17 \text{ kA}$	$I_{rm} = 72 \text{ A}$ $Z_s(0,4s) = 2.88 \text{ Ohm}$ (Ia = 80 A) byť č.1-FA02 selektivní minimálně do 95 A
6L18	CYKY3x2,5 $I_z = 24.4 \text{ A}$ $dU = 0.2 \%$	$t_m = 66 \text{ }^\circ\text{C}$ $I_{2t} < k_2 S_2$	$I_{k1} = 1.60 \text{ kA}$ $i_{p1} = 2.31 \text{ kA}$	10 m v trubce na stěně (B) O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( 243 mOhm < 1.54 kOhm ) Teplota okolí [st. C] : 25 Způsob uložení : Kabel v trubce na stěněči ve zdi, v liště
nebo v kabelovém kanále				
zapuštěné nebo uzavřené				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, Počet seskupených obvodů : 1
bojler	Vývod P= 2.1 kW xB = 525 W $I = 2.39 \text{ A}$ U = 229 V (Un - 0.8%)	$\cos \phi_i = 0.95$ B = 0.25	$I_{k1} = 1.60 \text{ kA}$ $i_{p1} = 2.31 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( 243 mOhm < 1.54 kOhm )
=====				
FA03	LPN-16B $I_n = 16 \text{ A}$		$I_{cn} = 10 \text{ kA}$ $i_{o1} = 4.62 \text{ kA}$ $I_{cm} = 17 \text{ kA}$	$I_{rm} = 72 \text{ A}$ $Z_s(0,4s) = 2.88 \text{ Ohm}$ (Ia = 80 A) byť č.1-FA03 selektivní minimálně do 95 A
7L18	CYKY3x2,5 $I_z = 24.4 \text{ A}$ $dU = 0.2 \%$	$t_m = 66 \text{ }^\circ\text{C}$ $I_{2t} < k_2 S_2$	$I_{k1} = 1.60 \text{ kA}$ $i_{p1} = 2.31 \text{ kA}$	10 m v trubce na stěně (B) O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( 243 mOhm < 1.54 kOhm ) Teplota okolí [st. C] : 25 Způsob uložení : Kabel v trubce na stěněči ve zdi, v liště
nebo v kabelovém kanále				
zapuštěné nebo uzavřené				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, Počet seskupených obvodů : 1
pračka	Vývod $I = 8.0 \text{ A}$ xB = 2.4 A $I = 2.40 \text{ A}$ U = 229 V (Un - 0.8%)	$\cos \phi_i = 0.95$ B = 0.3	$I_{k1} = 1.60 \text{ kA}$ $i_{p1} = 2.31 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( 243 mOhm < 1.54 kOhm )
=====				

FA04	LPN-16B In = 16 A		lcn = 10 kA io1 = 4.62 kA lcm = 17 kA	Irm = 72 A Zs(0,4s) = 2.88 Ohm (Ia = 80 A) byť č.1-FA04 selektivní minimálně do 95 A
8L18	CYKY3x2,5 Iz = 24.4 A dU = 0.2 %	tm = 66 ° C I2t < k2S2	Ik1"= 1.60 kA ip1 = 2.31 kA	10 m v trubce na stěně (B) O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 243 mOhm < 1.54 kOhm ) Teplota okolí [st. C] : 25 Způsob uložení : Kabel v trubce na stěněči ve zdi, v liště nebo v kabelovém kanále zapuštěné nebo uzavřené Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, Počet seskupených obvodů : 1
myčka	Vývod I= 10 A xB = 3.0 A I = 3.00 A U = 229 V (Un - 0.8%)	cos fi = 0.95 B = 0.3	Ik1"= 1.60 kA ip1 = 2.31 kA	O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 243 mOhm < 1.54 kOhm )
=====				
FA05	LPN-16B In = 16 A		lcn = 10 kA io1 = 4.62 kA lcm = 17 kA	Irm = 72 A Zs(0,4s) = 2.88 Ohm (Ia = 80 A) byť č.1-FA05 selektivní minimálně do 95 A
9L18	CYKY3x2,5 Iz = 24.4 A dU = 0.2 %	tm = 66 ° C I2t < k2S2	Ik1"= 1.60 kA ip1 = 2.31 kA	10 m v trubce na stěně (B) O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 243 mOhm < 1.54 kOhm ) Teplota okolí [st. C] : 25 Způsob uložení : Kabel v trubce na stěněči ve zdi, v liště nebo v kabelovém kanále zapuštěné nebo uzavřené Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, Počet seskupených obvodů : 1
zás.kuch1	Vývod I= 10 A xB = 2.5 A I = 2.50 A U = 229 V (Un - 0.8%)	cos fi = 0.95 B = 0.25	Ik1"= 1.60 kA ip1 = 2.31 kA	O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 243 mOhm < 1.54 kOhm )
=====				
FA06	LPN-16B In = 16 A		lcn = 10 kA io1 = 4.62 kA lcm = 17 kA	Irm = 72 A Zs(0,4s) = 2.88 Ohm (Ia = 80 A) byť č.1-FA06 selektivní minimálně do 95 A
10L18	CYKY3x2,5 Iz = 24.4 A dU = 0.2 %	tm = 66 ° C I2t < k2S2	Ik1"= 1.60 kA ip1 = 2.31 kA	10 m v trubce na stěně (B) O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 243 mOhm < 1.54 kOhm ) Teplota okolí [st. C] : 25 Způsob uložení : Kabel v trubce na stěněči ve zdi, v liště nebo v kabelovém kanále zapuštěné nebo uzavřené Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, Počet seskupených obvodů : 1
zás.kuch2	Vývod I= 10 A xB = 3.0 A	cos fi = 0.95	Ik1"= 1.60 kA	O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 243 mOhm < 1.54 kOhm )

I = 3.00 A      B = 0.3      ip1 = 2.31 kA  
U = 229 V (Un - 0.8%)

=====

FA07    LPN-16B  
In = 16 A

Icn = 10 kA    Irm = 72 A  
io1 = 4.62 kA    Zs(0,4s) = 2.88 Ohm (Ia = 80 A)  
Icm = 17 kA    byt č.1-FA07 selektivní minimálně do 95 A

11L18    CYKY3x2,5  
Iz = 24.4 A  
dU = 0.3 %

tm = 66 ° C  
I2t < k2S2

Ik1"= 1.24 kA    15 m v trubce na stěně (B)  
ip1 = 1.80 kA    O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 323 mOhm < 1.54 kOhm )  
Teplota okolí [st. C] : 25  
Způsob uložení : Kabel v trubce na stěněči ve zdi, v liště

nebo v kabelovém kanále

Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku,

zapuštěné nebo uzavřené

Počet seskupených obvodů : 1

zás.pokoj1

Vývod  
cos fi = 0.95  
B = 0.3

I= 10 A xB = 3.0 A  
I = 3.00 A  
U = 229 V (Un - 0.9%)

Ik1"= 1.24 kA    O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 323 mOhm < 1.54 kOhm )  
ip1 = 1.80 kA

=====

FA08    LPN-16B  
In = 16 A

Icn = 10 kA    Irm = 72 A  
io1 = 4.62 kA    Zs(0,4s) = 2.88 Ohm (Ia = 80 A)  
Icm = 17 kA    byt č.1-FA08 selektivní minimálně do 95 A

12L18    CYKY3x2,5  
Iz = 24.4 A  
dU = 0.2 %

tm = 66 ° C  
I2t < k2S2

Ik1"= 1.24 kA    15 m v trubce na stěně (B)  
ip1 = 1.80 kA    O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 323 mOhm < 1.54 kOhm )  
Teplota okolí [st. C] : 25  
Způsob uložení : Kabel v trubce na stěněči ve zdi, v liště

nebo v kabelovém kanále

Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku,

zapuštěné nebo uzavřené

Počet seskupených obvodů : 1

zás.pokoj2

Vývod  
cos fi = 0.95  
B = 0.25

I= 10 A xB = 2.5 A  
I = 2.50 A  
U = 229 V (Un - 0.8%)

Ik1"= 1.24 kA    O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 323 mOhm < 1.54 kOhm )  
ip1 = 1.80 kA

=====

FA09    LPN-10B  
In = 10 A

Icn = 10 kA    Irm = 45 A  
io1 = 4.62 kA    Zs(0,4s) = 4.65 Ohm (Ia = 50 A)  
Icm = 17 kA    byt č.1-FA09 selektivní minimálně do 95 A

13L18    CYKY3x1,5  
Iz = 17.5 A  
dU = 0.3 %

tm = 55 ° C  
I2t < k2S2

Ik1"= 856 A    15 m v trubce na stěně (B)  
ip1 = 1.24 kA    O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 482 mOhm < 1.54 kOhm )  
Teplota okolí [st. C] : 25  
Způsob uložení : Kabel v trubce na stěněči ve zdi, v liště

nebo v kabelovém kanále



zapuštěné nebo uzavřené			Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku,	
			Počet seskupených obvodů : 1	
zás.pokoj3	Vývod			
I= 8.0 A xB = 1.6 A	cos fi = 0.95	Ik1"= 856 A	O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 482 mOhm < 1.54 kOhm )	
I = 1.60 A	B = 0.2	ip1 = 1.24 kA		
U = 229 V (Un - 0.9%)				
=====				
=====				
FA10	LPN-10B			
In = 10 A		Icn = 10 kA	Irm = 45 A	
		io1 = 4.62 kA	Zs(0,4s) = 4.65 Ohm (Ia = 50 A)	
		Icm = 17 kA	byť č.1-FA10 selektivní minimálně do 95 A	
14L18	CYKY3x1,5			
Iz = 17.5 A	tm = 55 ° C	Ik1"= 856 A	15 m v trubce na stěně (B)	
dU = 0.2 %	I2t < k2S2	ip1 = 1.24 kA	O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 482 mOhm < 1.54 kOhm )	
			Teplota okolí [st. C] : 25	
			Způsob uložení : Kabel v trubce na stěněči ve zdi, v liště	
nebo v kabelovém kanále			Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku,	
zapuštěné nebo uzavřené			Počet seskupených obvodů : 1	
zás.koupelna	Vývod			
I= 6.0 A xB = 1.2 A	cos fi = 0.95	Ik1"= 856 A	O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 482 mOhm < 1.54 kOhm )	
I = 1.20 A	B = 0.2	ip1 = 1.24 kA		
U = 229 V (Un - 0.8%)				
=====				
=====				
FA11	LPN-6C			
In = 6 A		Icn = 10 kA	Irm = 49.50 A	
		io1 = 4.62 kA	Zs(0,4s) = 4.24 Ohm (Ia = 54 A)	
		Icm = 17 kA	byť č.1-FA11 selektivní minimálně do 95 A	
15L18	CYKY3x1,5			
Iz = 17.5 A	tm = 34 ° C	Ik1"= 856 A	15 m v trubce na stěně (B)	
dU = 0.4 %	I2t < k2S2	ip1 = 1.24 kA	O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 484 mOhm < 1.54 kOhm )	
			Teplota okolí [st. C] : 25	
			Způsob uložení : Kabel v trubce na stěněči ve zdi, v liště	
nebo v kabelovém kanále			Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku,	
zapuštěné nebo uzavřené			Počet seskupených obvodů : 1	
světla1	Vývod			
I= 2.5 A xB = 2.5 A	cos fi = 0.95	Ik1"= 856 A	O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 484 mOhm < 1.54 kOhm )	
I = 2.50 A	B = 1	ip1 = 1.24 kA		
U = 229 V (Un - 1.0%)				
=====				
=====				
FA12	LPN-6C			
In = 6 A		Icn = 10 kA	Irm = 49.50 A	
		io1 = 4.62 kA	Zs(0,4s) = 4.24 Ohm (Ia = 54 A)	
		Icm = 17 kA	byť č.1-FA12 selektivní minimálně do 95 A	
16L18	CYKY3x1,5			

	$I_z = 17.5 \text{ A}$ $dU = 0.5 \%$	$t_m = 34 \text{ }^\circ\text{C}$ $I_{Zt} < k_2 S_2$	$I_{k1}'' = 856 \text{ A}$ $i_{p1} = 1.24 \text{ kA}$	15 m v trubce na stěně (B) O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( 484 mOhm < 1.54 kOhm ) Teplota okolí [st. C] : 25 Způsob uložení : Kabel v trubce na stěněči ve zdi, v liště
nebo v kabelovém kanále				
zapuštěné nebo uzavřené				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, Počet seskupených obvodů : 1
světla2	Vývod $I = 3.0 \text{ A}$ xB = 3.0 A $I = 3.00 \text{ A}$ U = 228 V (Un - 1.1%)	$\cos \phi_i = 0.95$ B = 1	$I_{k1}'' = 856 \text{ A}$ $i_{p1} = 1.24 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( 484 mOhm < 1.54 kOhm )
=====				
FA13	LPN-16B $I_n = 16 \text{ A}$		$I_{cn} = 10 \text{ kA}$ $i_{o1} = 4.62 \text{ kA}$ $I_{cm} = 17 \text{ kA}$	$I_{rm} = 72 \text{ A}$ $Z_s(0,4s) = 2.88 \text{ Ohm}$ ( $I_a = 80 \text{ A}$ ) byt č.1-FA13 selektivní minimálně do 95 A
17L18	CYKY3x2,5 $I_z = 24.4 \text{ A}$ $dU = 0.3 \%$	$t_m = 66 \text{ }^\circ\text{C}$ $I_{Zt} < k_2 S_2$	$I_{k1}'' = 1.24 \text{ kA}$ $i_{p1} = 1.80 \text{ kA}$	15 m v trubce na stěně (B) O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( 323 mOhm < 2.88 Ohm ) Teplota okolí [st. C] : 25 Způsob uložení : Kabel v trubce na stěněči ve zdi, v liště
nebo v kabelovém kanále				
zapuštěné nebo uzavřené				Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, Počet seskupených obvodů : 1
lednice	Vývod $I = 9.0 \text{ A}$ xB = 2.7 A $I = 2.70 \text{ A}$ U = 229 V (Un - 0.9%)	$\cos \phi_i = 0.95$ B = 0.3	$I_{k1}'' = 1.24 \text{ kA}$ $i_{p1} = 1.80 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( 323 mOhm < 2.88 Ohm )
=====				
byt č.2	Vývod P= 11 kW xB = 11 kW $I = 16.7 \text{ A}$ U = 398 V (Un - 0.6%)	$\cos \phi_i = 0.95$ B = 1	( $I_k'' = 4.62 \text{ kA}$ ) $i_o = 5.18 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( 66.9 mOhm < 261 mOhm )
=====				

## 5 Závěr

První část této práce je teoretická, zabývá se problematikou ČSN týkající se dovolených proudů v elektrických rozvodech. Výpočet hodnot těchto proudů je důležité při návrhu jistištění ochrany vedení. A to jak proti přetížení tak i zkratu. Popisuje také způsobem použití těchto ochran. Dále se zabývá změnami vlastností vodičů a jejich izolací vlivem průchodu nadproudu. A také způsoby dimenzování vodičů, aby nedocházelo k nedovolenému zahřívání v normálním provozu.

V praktické části je zpracováno měření průběhu oteplování vodiče, kde jsou ověřeny teoretické poznatky průchodu proudu vodičem. Z naměřených hodnot je určena časová oteplovací konstanta. Tato hodnota je dále porovnána s hodnotou udávanou výrobcem.

V poslední části je zpracován projekt elektrického rozvodu. A to pomocí výpočtového softwarového programu Sichr, který je vhodný pro návrh dimenzování vedení, jeho jistištění a následnou kontrolu selektivity a možnosti použití. Projekt je navržen v souladu s ČSN normami. Je zpracován přívod do bytu, elektrické rozvody jednotlivých obvodů v bytě.

## Použitá literatura

- [1] HAVELKA, O., a kol.: Elektrické přístroje, SNTL/ALFA, Praha 1985
- [2] ČSN 33 2000-4-473:1994- Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 47: Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti. Oddíl 473: Opatření k ochraně proti nadproudům
- [3] ČSN 33 2000-5-523: 2003-Elektrická instalace budov. Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení. Oddíl 523: Dovolené proudy v elektrických rozvodech
- [4] ČSN 33 2000-4-43:2003- Elektrické instalace budov. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 43: Ochrana proti nadproudům
- [5] [www.Elektro.cz](http://www.Elektro.cz) - Bezpečnost elektrických zařízení v období přechodu pravidel na mezinárodní soustavu
- [6] [www.Elektro.cz](http://www.Elektro.cz) - Jištění vedení
- [7] [www.Elektro.cz](http://www.Elektro.cz) - Nadproudy a zkratové poměry ve vedení
- [8] [www.Moeller.cz](http://www.Moeller.cz) - Ochrana kabelů a vedení před nadproudy
- [9] [www.In-el.cz](http://www.In-el.cz) - Dimenzování elektrického vedení z hlediska jeho oteplení
- [10] Kříž, M.: Dimenzování a jištění elektrických zařízení – tabulky a příklady, IN-EL, Praha 2008
- [11] ČSN 33 2130: Elektrické instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické obvody
- [12] OEZ, S.R.O., Příručka elektrikáře, [www.oez.cz](http://www.oez.cz)
- [13] Vrána, V., Kolár, V.: Dimenzování a jištění elektrických vedení, VŠB – TU, Ostrava 2006
- [14] Kostka, T.: Proudový chránič, Havířov 2006